

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ливанов Дмитрий Викторович
Должность: Ректор
Дата подписания: 26.09.2023 13:58:07
Уникальный программный ключ:
c6d909c49c1d2034fa3a0156c4eaa51e7232a3a3

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Автоматизация физического эксперимента

Цель дисциплины:

Формирование у обучающихся базовых знаний и навыков в области автоматизации физического эксперимента (как непосредственно научно-исследовательского, так и производственных процессов) для дальнейшего применения при работе в современных физических лабораториях и производствах.

Задачи дисциплины:

Ознакомление обучающихся:

- с базовыми принципами автоматизации;
- с алгоритмами работы и стандартами протоколов взаимодействия ЭВМ, измерительных приборов и исполнительных устройств;
- с современными методологиями построения виртуальных измерительных комплексов;
- с современными методами сбора, хранения, анализа и визуализации данных.

Получение навыков:

- графического программирования;
- работы с экспериментальным оборудованием;
- аналитического планирования эксперимента в рамках имеющихся ограничений;
- эффективного сбора, анализа и визуализации экспериментальных данных
- проектной (в том числе командной) работы.

Формирование у обучающихся культуры проведения систематизированного физического эксперимента.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Основные принципы автоматизации эксперимента.

Наиболее распространенные современные аппаратные и программные средства автоматизации эксперимента.

Основные стандарты в области протоколов информационного взаимодействия ЭВМ, измерительных приборов и исполнительных устройств.

Основные принципы графического (потокowego) программирования и структуру программ языка G.

уметь:

Аналитически планировать эксперимент и виртуальный измерительный комплекс для его реализации в рамках имеющихся ограничений.

Грамотно реализовывать экспериментальную измерительную систему, сопряженную с виртуальным измерительным комплексом.

Корректно готовить объект эксперимента к автоматизированному процессу измерений.

Эффективно реализовывать процесс сбора, анализа, хранения и визуализации данных.

Грамотно представлять результаты анализа экспериментальных данных.

владеть:

Практическими методами автоматизации экспериментальных и производственных процессов.

Эффективными методами сбора, анализа, хранения и визуализации данных.

Темы и разделы курса:

1. Автоматизация эксперимента: введение. Пакет и среда разработки LabVIEW.

Основные принципы автоматизации, история и развитие. Среда программирования LabVIEW. Программирование потоков данных. Язык G. Особенности запуска LabVIEW. Виртуальные приборы (ВП) и последовательность обработки данных. Создание чистого *.vi файла. Лицевая панель и блок-диаграмма. Использование встроенных подсказок и помощи.

2. Алгоритмическое программирование в LabVIEW. Элементарные действия, циклы.

Создание ВП, его основные компоненты. Константы, контроллеры, индикаторы. Типы и проводники данных. Простейшие математические действия, палитра Numeric. Выбор оптимального количества памяти для переменных типа «Numeric», конвертация в нужный формат. Палитра «Structures». Цикл while (цикл по условию). Цикл For (цикл с заданным числом повторений). Редактирование и отладка ВП. Особенности компиляции ВП. Shift register (сдвиговые регистры). Запуск ВП.

3. Контроль исполнения алгоритма. Принятие решений.

Булева логика. Палитра Boolean. Структура выбора Case structure. Остановка программы по условию.

4. Обработка массивов и кластеров.

Понятие массива. Палитра массивов. Создание одномерных и двумерных массивов. Использование массивов для структурирования данных. Понятие кластера. Палитра кластеров. Использование кластеров для удобства совместной передачи разных типов данных. Кластер ошибок.

5. Обработка строковых и табличных данных.

Строки в LabVIEW. Конвертация чисел в строковый тип данных и наоборот. Работа со строками. Форматирование строк. Создание таблиц и работа с таблицами.

6. Тайминг в LabVIEW.

Палитра Timing. Получение даты и времени. Отсчет времени, секундомеры. Повтор циклов с заданным временным промежутком. Отложенное выполнение команд.

7. Анализ, хранение и визуализация данных.

Способы сбора данных. Палитра File I/O. Запись данных в файл. Чтение данных из файла. Отображение двумерных графиков. Создание автоматических аппроксимаций по получаемым данным.

8. Указатели, переменные, структура кода, создание проектов.

Создание и использование локальных переменных. Создание и использование указателей. Методы упрощения кода. Создание подпрограмм. Создание проектов. Создание и использование глобальных переменных. Создание исполняемых exe-файлов.

9. Синхронизация.

Важность синхронизации процессов. Палитра «Synchronization» и ее подпалитры.

10. Информационное взаимодействие с приборами. Консультации по проектным задачам.

Измерительные приборы. Виды протоколов и разъемов для коммуникации приборов с компьютером. Коммуникация приборов между собой – метод «handshake». Драйверы для приборов. Способы подачи команд на приборы. Команды «приказы» и команды «вопросы». Последовательность задания команд. Связь команд через кластер ошибок.

11. Настройка внешнего вида ВП. Консультации по проектным задачам.

Настройка лицевой панели. Настройка шрифтов, цветов, расположения объектов. Грамотное расположение объектов на блок-диаграмме. Настройка палитр. Отображение всплывающих окон. Редактирование свойств ВП.

12. Выполнение проектных работ. Консультации. Сдача (защита) проектных работ.

Выполнение проектных экспериментальных задач в группах. Консультации с преподавателем в ходе выполнения. Подготовка отчетов по задачам. Сдача проектов в форме презентации.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Актуальные проблемы лазерной физики

Цель дисциплины:

- углубленное изучение физических процессов, протекающих в различных лазерных системах, а также типов современных лазерных систем и их особенностей.

Задачи дисциплины:

- закрепление и углубление у студентов знаний в области физики лазеров, формирование базовых знаний в области описания динамических физических процессов, протекающих в лазерах;
- формирование у студентов базовых знаний в области типов, особенностей работы, свойств и характеристик лазеров, а также области их применений
- обучение студентов основным принципам и методам выполнения исследований с использованием лазеров.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- принципы и физические основы динамики лазеров: явления неустойчивости и пульсации, методов модуляции добротности и синхронизации мод, процессов при распространении коротких лазерных импульсов;
- спектральные свойства лазерного излучения: предел Шавлова-Таунса, фактор Генри, фазовые шумы и их преобразование при различных процессах;
- виды, принципы работы и особенности разного типа лазеров: твердотельных, полупроводниковых, волоконных, газовых, на красителях, эксимерных, химических и пр.;

уметь:

- рассчитывать оптимальную длину линии передачи и chirp, необходимый для сохранения длительности импульса при передаче по линиям связи с дисперсией;
- оценивать вклад фазовых шумов в процессах генерации второй гармоники;
- рассчитывать и подбирать параметры для вывода лазера в режим одночастотной и одномодовой генерации.

владеть:

– методами расчета оптической петли обратной связи, методами описания фазовых шумов лазерного излучения, методами преобразования фазовых шумов, методами получения и передачи ультракоротких лазерных и импульсов.

Темы и разделы курса:

1. Динамика лазеров

Динамическая неустойчивость и пульсации в лазерах. Модуляция добротности. Синхронизация мод. Распространение коротких лазерных импульсов

2. Спектральные свойства лазерного излучения

Спектральная ширина линии излучения лазера. Предел Шавлова-Таунса. Фазовые шумы. Генерация второй гармоники. Фактор Генри. Асимметрия пьедестала фазовых шумов.

3. Твердотельные лазеры

Неодимовые лазеры. Лазер на александрите. Лазеры на тонких дисках. Лазер Ti:Sa. Особенности и применения.

4. Полупроводниковые лазеры

Лазер ECDL. Схема Литмана-Меткалфа. Схема Литроу. Лазеры с распределенной обратной связью. Лазеры DBR. Лазеры VECSEL. Квантово-каскадные лазеры. Лазеры на двойных гетерных переходах. Лазеры на квантовых ямах. Особенности и применения

5. Волоконные лазеры

Устройство волоконного лазера. Рамановские лазеры. Особенности и применения.

6. Лазеры на красителях

Лазеры на красителях. Принцип и особенности работы.

7. Газовые лазеры

Мощные газовые лазеры. Особенности и применения.

8. Другие типы лазеров

Другие типы лазеров. Общая информация

9. Экзотические лазеры

Лазер на одиночном атоме. Фононный лазер. Лазер на ядерном переходе. Лазер на свободных электронах

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Алгебраическая топология

Цель дисциплины:

- познакомить слушателей как со стандартным классическим подходом к данному предмету, так и дать представление о его более современных методах и идеях.

Задачи дисциплины:

- сформировать у слушателей представление о задачах и методах алгебраической топологии, о ее связях с гомологической алгеброй.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные классические понятия и результаты Алгебраической топологии.

уметь:

- пользоваться классическими методами Алгебраической топологии для решения задач.

владеть:

- аппаратом классической Алгебраической топологии.

Темы и разделы курса:

1. Сингулярные симплексы и цепи. Сингулярные гомологии.

Определение сингулярных гомологий.

2. Категории, функторы и естественные преобразования.

Язык теории категорий.

3. Гомотопическая инвариантность сингулярных гомологий.

Гомотопии, цепные гомотопии, звездные области. Доказательство гомотопической инвариантности сингулярных гомологий.

4. Кросс-произведение гомологий.

Кросс-произведение и его свойства.

5. Относительные гомологии. Длинная точная последовательность гомологий.

Относительные гомологии. Длинная точная последовательность гомологий, ассоциированная с короткой точной последовательностью цепных комплексов. Точная последовательность пары.

6. Вырезание и его применение.

Аксиома вырезания. Вычисление гомологий сфер.

7. Аксиомы Эйленберга-Стинрода.

Аксиомы Эйленберга-Стинрода, их следствия (теорема Майера-Вьеториса). Доказательства.

8. Клеточные пространства и их гомологии.

Определения и примеры клеточных пространств. Клеточный комплекс.

9. Гомологии с коэффициентами. Теорема об универсальных коэффициентах.

Гомологии с коэффициентами. Функтор Tor . Основная теорема гомологической алгебры. Доказательство теоремы об универсальных коэффициентах.

10. Ациклические модели и теорема Кюннета.

Метод ациклических моделей. Теорема Эйленберга-Зильбера. Теорема Кюннета.

11. Сингулярные когомологии.

Определение сингулярных когомологий. Когомологии с коэффициентами. Теорема об универсальных коэффициентах. Аксиомы Эйленберга-Стинрода для когомологий.

12. Произведения в когомологиях.

Произведения в когомологиях и их свойства.

13. Локальные коэффициенты и ориентация.

Определение системы локальных коэффициентов. Ориентация многообразий. Теорема об ориентации.

14. Двойственность Пуанкаре.

Формулировка и доказательство теоремы двойственности Пуанкаре.

15. Пределы, копределы и сопряженные функторы.

Категорные пределы и копределы, сопряженные функторы. Декартово замкнутые категории. Категория компактно порожденных пространств.

16. Гомотопическая категория.

Гомотопическая категория. Базисные точки. Функторы петель и надстройки.

17. Локально тривиальные расслоения.

Локально тривиальные расслоения: определение и примеры.

18. Расслоения.

Расслоения в смысле Гуревича. Фундаментальный группоид. Гомотопическая инвариантность пуллбэка расслоения.

19. Корасслоения.

Корасслоения: определение и свойства.

20. Расслоенные и корасслоенные последовательности.

Канонические факторизации отображений. Конус отображения. Последовательность Баррата-Пуппе и ее свойства.

21. Слабые эквивалентности и теоремы Уайтхеда.

Гомотопические эквивалентности, слабые эквивалентности. Теоремы Уайтхеда.

22. Представимость когомологий. Теория препятствий.

Пространства Эйленберга-Маклейна, примеры. Фундаментальный класс. Представимость функтора когомологий. Элементы теории препятствий.

23. Векторные расслоения и K-теория.

Векторные расслоения: определение. Классифицирующее пространство. Группа Гротендика, (комплексная) K-теория. Понятие о периодичности Ботта. K-теория как обобщенная теория когомологий.

24. Классифицирующее пространство группы. Симплициальные множества и классифицирующие пространства.

Симплициальные множества, их геометрическая реализация. Нерв категории, классифицирующее пространство категории. Группоид Чеха и классифицирующее отображение.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Алгебры и группы Ли, теория представлений алгебр Ли

Цель дисциплины:

изучение классических тем, связанных с группами и алгебрами Ли и их представлениями. Особую роль в современных физических теориях играют группы и алгебры Ли и их представления. В цель входит изучение групп, встречающихся в физических моделях.

Задачи дисциплины:

изучение некоторых конечномерных групп Ли и их представлений, разбор конкретных примеров классических линейных групп и других. Изучение стандартных конструкций: действие группы на многообразии и происходящие из этого линейные представления.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

понятие о группах Ли. Конкретные примеры групп Ли и представлений: классические группы Ли, исключительные.

уметь:

работать с конкретными группами Ли.

владеть:

методами работы с группами Ли. Методами вычислений в конкретных представлениях групп Ли.

Темы и разделы курса:

1. Основные примеры. Полная линейная группа. Ортогональная и унитарная группы. Инфинитезимальные группы и алгебры Ли, отвечающие этим примерам.

Дается определение линейных групп Ли с большим количеством. Вводится понятие формальной группы Ли и алгебры Ли, иллюстрируемое примерами формальной групповой операции для известных линейных групп.

2. Формальные группы. Алгебра Ли, отвечающая формальной группе. Построение формальной группы по алгебре Ли.

Дается определение алгебры Ли с примерами (алгебры Ли дифференцирований). Доказывается теорема об изоморфизме одномерных формальных групп Ли. Вводится экспоненциальное отображение. Обсуждается на примерах формула Кэмпбелла-Хаусдорфа.

3. Многообразия. Группа диффеоморфизмов. Алгебра Ли векторных полей на многообразии. Алгебра Ли формальных векторных полей.

Дается общее определение групп Ли с большим количеством примеров (диффеоморфизмы многообразий, сохраняющие какую-нибудь структуру). Обсуждается операция коммутатора на векторных полях и подалгебры Ли в векторных полях как касательные алгебры к группам диффеоморфизмов.

4. Представления групп диффеоморфизмов в пространствах тензоров. Основные примеры - пространство функций на многообразии. Дифференциальные формы. Тензорные поля на окружности. Представления алгебр Ли векторных полей на многообразиях в пространствах тензоров. Формальные тензорные поля. (Примеры).

Обсуждаются представления линейных групп Ли в сечениях тензорных расслоений на многообразиях. Даются необходимые предварительные сведения из дифференциальной геометрии. Приводятся примеры представлений SL_2 .

5. Действие групп Ли на многообразиях. Однородные пространства. Проективные пространства, многообразия Грассмана, пространства флагов - однородные пространства полной линейной группы. Конечномерные подалгебры в алгебре Ли формальных векторных полей.

Строятся однородные пространства полной линейной группы. Обсуждаются инвариантные структуры на этих однородных пространствах.

6. Действия ортогональных групп на квадраках. Группа Лоренца. Структура ортогональных групп. Пространства Лобачевского. Группы изометрий.

Обсуждаются группы компонент связности псевдоортогональных групп. Определяется группа Лоренца. Строится действие группы Лоренца изометриями пространства Лобачевского.

7. Геометрические структуры. Группы и алгебры Ли их сохраняющие. Симплектические структуры. Алгебра Ли Гамильтоновых векторных полей. Алгебра Ли формальных Гамильтоновых векторных полей.

Обсуждаются симплектические многообразия и их связь с гамильтоновой механикой. Дается явное описание алгебры Ли гамильтоновых векторных полей.

8. Симплектическая группа и симплектическая алгебра Ли.

Дается определение симплектической группы и алгебры Ли, вычисляется ее явная реализация матрицами. Строятся естественные действия симплектической группы Ли на многообразиях.

9. Компактные группы Ли. Примеры. Максимальные компактные подгруппы в полной линейной группе, в ортогональной группе и в симплектической.

Приводятся примеры компактных групп Ли (в первую очередь, унитарная группа). Доказывается теорема о полярном разложении.

10. Группы симметрий кватернионных пространств и октав. Классические и исключительные группы.

Приводятся примеры исключительных компактных групп Ли, вычисляются их размерности, строятся некоторые их действия.

11. Основные понятия теории представлений. Представления полной линейной группы в пространстве тензоров. Тензорные поля на многообразиях, отвечающие представлению полной линейной группы.

Дается определение представлений групп Ли и алгебр Ли. Обсуждаются явные конструкции конечномерных представлений полной линейной группы.

12. Сплетающие операторы. Дифференциал в комплексе де Рама как пример сплетающего оператора между представлениями в пространствах тензоров.

Строится резольвента БГГ в частных случаях для полной линейной группы.

13. Основные понятия теории представлений. Классификация конечномерных представлений одномерной алгебры Ли. Нильпотентные алгебры Ли и их конечномерные неприводимые представления.

Дается определение представлений групп Ли и алгебр Ли. Обсуждаются свойства представлений нильпотентных алгебр Ли (теорема Ли).

14. Алгебра Гейзенберга и ее конечномерные и бесконечномерные представления. Сравнение с представлениями конечной группы Гейзенберга.

Строится бесконечномерное представление алгебры Гейзенберга дифференциальными операторами. Доказывается его неприводимость.

15. Алгебра дифференциальных операторов и ее представления. Представления алгебр Ли в алгебру дифференциальных операторов ($sl(2)$ -подробно).

Строятся контраградиентные модули Верма при помощи дифференциальных операторов на пространстве флагов.

16. Алгебра Клиффорда и спинорные представления.

Определяются алгебры Клиффорда. Описывается их разложение в прямую сумму матричных.

17. Соотношение представлений групп и алгебр Ли на примере спинорных представлений.

Определяются спинорные группы и строятся их точные представления. Находятся старшие веса спинорных представлений.

18. Представление Вейля $sl(2)$ и симплектических алгебр.

Определяется алгебра Вейля, доказывается ее простота. Определяется вложение симплектической алгебры Ли в алгебру Вейля.

19. Универсальная обертывающая алгебра, Центр и Казимиры.

Доказывается теорема ПБВ. Описывается центр универсальной обертывающей алгебры полупростых алгебр Ли.

20. Классификация конечномерных представлений $sl(2)$. Явные реализации конечномерных представлений.

Классифицируются конечномерные представления SL_2 , доказывается их полная приводимость. Приводятся явные реализации в качестве симметрических степеней.

21. Конечномерные и бесконечномерные представления $sl(2)$. Структура категории представлений со старшим весом.

Определяются модули Верма. Дается описание категории \mathcal{O} для sl_2 .

22. Тензорные произведения представлений (не обязательно конечномерных). Разложение тензорных произведений.

Определяется тензорное произведение представлений. Раскладываются тензорные произведения неприводимых представлений sl_2 .

23. От $sl(2)$ к другим алгебрам. Как обобщать.

Дается определение весов и корней полупростой алгебры Ли. Строятся представления старшего веса.

24. Спинорные представления бесконечномерных алгебр. Их же представления Вейля. Алгебры Вирасоро и алгебра токов.

Строится бесконечномерная алгебра Клиффорда. Обсуждается бозон-фермионное соответствие.

25. Конструкции представлений алгебры Вирасоро и алгебр токов.

Строятся модули Верма для алгебры Вирасоро. Изучаются условия приводимости. Обсуждается форма Шаповалова.

26. Модули Вакимото.

Строятся модули Вакимото для аффинной алгебры на критическом и не на критическом уровне.

27. Рассказ про минимальные модели.

Строятся минимальные представления алгебры Вирасоро.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Анализ данных на Python

Цель дисциплины:

Освоить инструментарий языка и основных научных библиотек Python для анализа экспериментальных данных.

Задачи дисциплины:

- Изучение продвинутых возможностей языка Python 3;
- освоение среды Jupyter;
- освоение инструментария библиотек Pandas, NumPy и других для считывания и обработки данных;
- обучение визуализации данных средствами Matplotlib, Seaborn и других библиотек Python.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Синтаксические конструкции функционального программирования на Python 3;
- синтаксические основы ООП-программирования на Python 3;
- возможности научных библиотек Python по анализу данных.

уметь:

- Работать в среде Jupyter;
- создавать читабельные программы на языке Python в том числе в формате Jupyter Notebook;
- использовать Pandas, Numpy и другие научные библиотеки для анализа данных;
- визуализировать данные и результаты анализа.

владеть:

Инструментарием языка Python и научных библиотек для анализа данных на практике.

Темы и разделы курса:

1. Система контроля версий git

Создание и настройка репозитория. Клонирование репозитория. Подключение к удаленному репозиторию. Создание коммита, синхронизация с удаленным репозиторием. Работа с ветками: создание веток, слияние веток. Разрешение конфликтов. Организация работы в github: issues, projects.

2. Объектно-ориентированное программирование на Python.

Понятие объекта и класса. Парадигмы ООП. SOLID-принципы. Создание структуры взаимодействующих классов. «Магические» методы классов в Python. Статические и классовые методы. Абстрактные классы. Декомпозиция программы на модули. Менеджер контекста. Обработка исключений.

3. Функциональное программирование на Python

Итерируемые объекты. Генераторы и итераторы. Принцип работы for. Объект range. Ключевое слово yield. Генераторы itertools. Сопроцессы. Работа с файлами.

4. Многопоточность в Python

Поток и процесс. Передача данных между потоками при помощи pipe и общей памяти. GIL. Создание процессов и процессов. Асинхронное выполнение потоков. Библиотеки threading, multiprocessing и asyncio.

5. Библиотеки для обработки данных и визуализации

Построение графиков при помощи matplotlib. Настройки стилей оформления графиков. Трехмерные графики, анимация.

Библиотеки numpy, pytorch, для научных вычислений. Создание тензоров и операции над ними. Соединение тензоров, изменение размеров и порядка координат. Модуль numpy.linalg. Граф вычислений.

Работа с базами данных, библиотека sqlite3. Понятие реляционной базы данных. Язык SQL. Написание запросов к базам данных при помощи библиотеки sqlite3.

6. Элементы машинного обучения

Классификация задач машинного обучения. Алгоритмы решения задач обучения с учителем. Линейная регрессия. Алгоритмы классификации: логистическая регрессия, решающие деревья, kNN. Методы кластеризации: k-means, EM, DBSCAN. Методы понижения размерности: PCA, MDS, SNE. Переобучение и регуляризация. Библиотека scikit-learn.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Аналитическая геометрия

Цель дисциплины:

Ознакомление слушателей с основами аналитической геометрии и подготовка к изучению других математических курсов – дифференциальных уравнений, теории функций комплексного переменного, уравнений математической физики, функционального анализа, аналитической механики, теоретической физики, методов оптимального управления и др.

Задачи дисциплины:

- Приобретение слушателями теоретических знаний и практических умений и навыков в области векторной алгебры, матричной алгебры;
- подготовка слушателей к изучению смежных математических дисциплин;
- приобретение навыков в применении методов аналитической в физике и других естественнонаучных дисциплинах.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Методические основы изучения и использования математических утверждений;
- основы учебного курса.

уметь:

- Изучать, использовать и применять определения, теоремы;
- изучать и формировать системы математических знаний;
- доказывать основные теоремы курса;
- решать стандартные задачи на применение изученных утверждений.

владеть:

- Четким представлением о курсе.

Темы и разделы курса:

1. Введение

Матрицы и детерминанты малых размеров. Системы линейных уравнений. Множества. Логика. Индукция.

2. Векторы и системы координат

1. Линейные операции с векторами и их свойства. Линейно зависимые и независимые системы векторов. Связь между линейной зависимостью, коллинеарностью и компланарностью векторов. Базис, координаты вектора в базисе. Изменение координат при замене базиса.

2. Скалярное произведение, его свойства. Проекция вектора на направление. Выражение скалярного произведения в ортонормированном и произвольном базисе. Вычисление длины вектора и угла между векторами.

3. Левые и правые тройки векторов. Ориентированный объём параллелепипеда (смешанное произведение). Свойства смешанного произведения. Выражение смешанного произведения в произвольном базисе. Критерий компланарности.

4. Векторное произведение, его свойства, выражение в правом ортонормированном базисе. Вычисление площадей, перпендикуляр к паре векторов. Двойное векторное произведение.

5. Общая декартова система координат, прямоугольная система координат. Замена декартовой системы координат, формулы перехода. Полярная, цилиндрическая, сферическая системы координат.

3. Многочлены

1. Степень многочлена. Сложение, умножение, деление с остатком.

2. Корни многочлена. Теорема Безу. Кратность корня, число корней с учетом кратности не превосходит степени. Формальное и функциональное равенство многочленов. Теорема Виета.

3. Многочлены от нескольких переменных. Степень, ее инвариантность относительно линейной замены. Лемма о старшем члене.

4. Понятие уравнения множества. Алгебраические множества (линии и поверхности); пересечение и объединение алгебраических множеств. Порядок, сохранение порядка при переходе к другой системе координат. Пересечение алгебраического множества с прямой и с плоскостью.

4. Прямые и плоскости. Кривые второго порядка, поверхности

1. Прямая на плоскости, различные способы задания, их эквивалентность. Линейное неравенство. Пучок прямых. Формула расстояния от точки до прямой.

2. Плоскость в пространстве, различные способы задания, их эквивалентность. Взаимное расположение двух и трех плоскостей. Линейное неравенство. Пучок плоскостей. Формула расстояния от точки до плоскости.
3. Прямая в пространстве, различные способы задания, их эквивалентность. Взаимное расположение двух прямых. Формулы для расстояния от точки до прямой (в пространстве) и между скрещивающимися прямыми.
4. Эллипс, гипербола, парабола, их канонические уравнения. Теоремы о фокусах и директрисах. Касательные. Оптическое свойство.
5. Цилиндрические, конические поверхности, поверхности вращения. Эллипсоиды, гиперboloиды, параболоиды. Прямолинейные образующие.

5. Матрицы и системы линейных уравнений

1. Сложение матриц, умножение матрицы на число. Транспонирование. След матрицы.
2. Линейные комбинации, линейная оболочка систем векторов-столбцов (или матриц). Линейная зависимость. Ранг. Базисная подсистема. Основная теорема о рангах. Стандартный и треугольный базис в \mathbb{R}^n . Строчный и столбцовый ранг матрицы. Оценка ранга суммы матриц.
3. Умножение матриц, его свойства. Суммирование, его тензорная запись. Отсутствие коммутативности умножения. Единичная матрица. Обратимые матрицы. Ранг произведения.
4. Элементарные преобразования строк и столбцов. Элементарные матрицы. Приведение матрицы к ступенчатому и упрощенному (улучшенному ступенчатому) виду методом Гаусса.
5. Элементарные преобразования строк не меняют линейных соотношений между столбцами. Инвариантность строчного и столбцового ранга при элементарных преобразованиях. Теорема о ранге матрицы.
6. Невырожденные матрицы. Критерий обратимости. Алгоритм нахождения обратной матрицы элементарными преобразованиями. Базисный минор.
7. СЛУ. Разные виды заданий: матричное уравнение, линейная комбинация столбцов, матрица коэффициентов и расширенная матрица. Критерий совместности Кронекера-Капелли.
8. Однородные СЛУ, фундаментальная система решений (ФСР) и общее решение однородной СЛУ. Структура общего решения СЛУ. Алгоритм решения СЛУ методом Гаусса. Мощность ФСР.
9. Восстановление СЛУ по множеству решений. Любая линейная оболочка - множество решений некоторой однородной СЛУ.

6. Группы

1. Понятия полугруппы и группы. Абелевы группы. Аддитивная и мультипликативная форма записи. Порядок группы. Определения изоморфизма, гомоморфизма. Прямое произведение (прямая сумма). Обратимые элементы полугруппы. Подгруппы. Порождающие множества.

2. Примеры: числа по сложению и умножению; матрицы по сложению и умножению. Группы преобразований. Понятие действия группы на множестве. Понятие о представлении группы.

3. Порядок элемента. Циклические группы, их классификация. Количество порождающих элементов в $(\mathbb{Z}_n, \{+\})$ равно $\varphi(n)$. Подгруппы циклической группы.

4. Симметрическая группа S_n . Независимые циклы. Число инверсий, четность перестановки. Знакопеременная подгруппа A_n .

5. Левые смежные классы по подгруппе. Теорема Лагранжа, ее следствия: порядок элемента --- делитель порядка группы; описание групп простого порядка; теоремы Ферма и Эйлера (в теории чисел).

7. Кольца и поля

1. Теория делимости в \mathbb{Z} . Простые числа. НОД. Алгоритм Евклида, линейное представление НОД. Разложение на простые множители и его единственность. Китайская теорема об остатках.

2. Арифметика по модулю n . Кольцо \mathbb{Z}_n . $\mathbb{Z}_{km} \cong \mathbb{Z}_k \oplus \mathbb{Z}_m$ при $(k,m)=1$. \mathbb{Z}_n - поле тогда и только тогда, когда n - простое. Характеристика поля.

3. Поле комплексных чисел, сопряжение. Модуль и аргумент комплексного числа, тригонометрическая запись. Умножение, возведение в степень, обращение. Извлечение корней. Группа корней n -й степени из 1. Матрицы с комплексными коэффициентами.

4. Кольцо $\mathbb{F}[X]$ многочленов над полем. Неприводимые многочлены, НОД. Разложение на неприводимые сомножители и его единственность. Неприводимые многочлены над \mathbb{C} и над \mathbb{R} .

8. Определитель

1. Детерминант (определитель) матрицы как полилинейная и кососимметричная функция столбцов. Явная формула (через элементы матрицы).

2. Изменение определителя при элементарных преобразованиях столбцов. Определитель треугольной матрицы. Критерий обратимости -- $\det \neq 0$. Определитель транспонированной матрицы.

3. Определитель произведения матриц. Определитель матрицы с углом нулей. Разложение определителя по строке, столбцу.

4. Правило Крамера для решения СЛУ (с невырожденной матрицей коэффициентов), формула обратной матрицы.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Аналитическая механика (классич.)

Цель дисциплины:

Изучение тех общих законов, которым подчиняются движение и равновесие материальных тел и возникающие при этом взаимодействия между телами, а также овладение основными алгоритмами исследования равновесия и движения механических систем. На данной основе становится возможным построение и исследование механико-математических моделей, адекватно описывающих разнообразные механические явления. Помимо этого, при изучении аналитической механики вырабатываются навыки практического использования методов, предназначенных для математического моделирования движения систем твёрдых тел.

Задачи дисциплины:

Изучение механической компоненты современной естественнонаучной картины мира, понятий и законов механики.

Овладение важнейшими методами решения научно-технических задач в области механики, основными алгоритмами математического моделирования механических явлений.

Формирование устойчивых навыков по применению фундаментальных положений аналитической механики при научном анализе ситуаций, с которыми инженеру приходится сталкиваться в ходе создания новой техники и новых технологий.

Ознакомление студентов с историей и логикой развития аналитической механики.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Основные понятия и концепции аналитической механики, важнейшие теоремы механики и их следствия, порядок применения теоретического аппарата механики в важнейших практических приложениях;

Основные механических величины, их определения, смысл и значения для аналитической механики;

Основные модели механических явлений, идеологию моделирования механических систем и принципы построения математических моделей механических систем;

Основные методы исследования равновесия и движения механических систем, основных алгоритмов такого исследования.

уметь:

Интерпретировать механические явления при помощи соответствующего теоретического аппарата.

Пользоваться определениями механических величин и понятий для правильного истолкования их смысла.

Объяснять характер поведения механических систем с применением основных теорем механики и их следствий.

Записывать уравнения, описывающие поведение механических систем, учитывая размерности механических величин и их математическую природу (скаляры, векторы, кватернионы, линейные операторы).

Применять основные методы исследования равновесия и движения механических систем, а также основные алгоритмы такого исследования при решении конкретных задач.

Пользоваться при аналитическом и численном исследовании математико-механических моделей технических систем возможностями современных компьютеров и информационных технологий.

владеть:

Навыками и методами построения и исследования математических моделей при решении задач механики.

Навыками применения основных законов теоретической механики в важнейших практических приложениях.

Основными теоретическими подходами аналитической механики и методами анализа и решения соответствующих уравнений.

Навыками использования возможностей современных компьютеров и информационных технологий при аналитическом и численном исследовании математико-механических моделей технических систем.

Темы и разделы курса:

1. Аксиоматика классической механики

Постулаты классической механики. Инерциальные системы отсчета. Понятие силы. Законы Ньютона. Преобразования Галилея. Понятие об инвариантности и ковариантности уравнений механики.

2. Кинематика точки

Траектория, скорость, ускорение. Естественный (сопровождающий) трехгранник. Разложение скорости и ускорения в осях трехгранника. Криволинейные координаты точки.

Разложение скорости и ускорения точки в локальном базисе криволинейных координат. Коэффициенты Ламе.

3. Кинематика твердого тела (кинематика систем отсчета)

Твердое тело. Разложение движения тела на поступательное движение и вращение (движение с неподвижной точкой). Способы задания ориентации твердого тела: углы Эйлера, матрицы направляющих косинусов.

Угловая скорость и угловое ускорение твердого тела. Распределение скоростей и ускорений в твердом теле (формулы Эйлера и Ривальса). Кинематический винт твердого тела.

Кинематика сложного движения. Сложение скоростей и ускорений точек в сложном движении. Вычисление угловой скорости и углового ускорения тела в сложном движении. Кинематические уравнения движения твердого тела в углах Эйлера. Прецессионное движение твердого тела.

4. Алгебра кватернионов

Алгебра кватернионов. Кватернионный способ задания ориентации твердого тела (присоединенное отображение). Параметры Родрига–Гамильтона. Кватернионные формулы сложения поворотов. Теорема Эйлера о конечном повороте твердого тела с неподвижной точкой.

Кинематические уравнения вращательного движения твердого тела в кватернионах (уравнения Пуассона). Интегрирование уравнений Пуассона для прецессионного движения твердого тела.

5. Основные теоремы динамики

Определения: внешние и внутренние силы, импульс (количество движения), момент импульса (кинетический момент, момент количества движения), кинетическая энергия, центр масс, момент силы, элементарная работа и мощность силы. Теоремы Кенига для кинетической энергии и момента импульса. Теоремы об изменении импульса, момента импульса и кинетической энергии в инерциальных системах отсчета.

Потенциальные, гироскопические, диссипативные силы. Критерий потенциальности сил. Консервативные системы, закон сохранения энергии.

Неинерциальные системы отсчета, силы инерции. Основные теоремы динамики в неинерциальных системах отсчета.

6. Движение материальной точки в центральном поле

Законы сохранения. Уравнение Бине. Поле всемирного тяготения. Уравнение конических сечений. Задача двух тел. Законы Кеплера.

7. Динамика твердого тела

Геометрия масс. Тензор инерции и эллипсоид инерции твердого тела. Главные оси инерции. Преобразование тензора инерции при повороте и параллельном переносе осей. Теорема Гюйгенса–Штейнера для тензора инерции. Кинетический момент и кинетическая энергия твердого тела.

Динамические уравнения Эйлера. Случай Эйлера; первые интегралы движения; геометрические интерпретации Пуансо. Движение динамически симметричного тела в случае Эйлера; параметры свободной регулярной прецессии. Случай Лагранжа; первые интегралы движения. Формула для момента, поддерживающего вынужденную регулярную прецессию динамически симметричного твердого тела.

Эквивалентные преобразования системы сил, действующих на твердое тело. Алгоритм сведения к винту.

8. Динамика систем переменного состава

Теоремы об изменении количества движения и кинетического момента для систем переменного состава. Уравнение Мещерского. Формула Циолковского.

9. Условия равновесия материальной системы

Определение положения равновесия. Условия равновесия системы с идеальными связями. (принцип виртуальных перемещений). Условия равновесия голономных систем.

10. Устойчивость

Определение устойчивости, асимптотической устойчивости и неустойчивости положения равновесия. Теоремы прямого метода Ляпунова для автономных систем: теоремы Ляпунова об устойчивости и асимптотической устойчивости, теорема Четаева о неустойчивости, теорема Барбашина–Красовского об условиях асимптотической устойчивости и неустойчивости.

Теорема Лагранжа-Дирихле об устойчивости равновесия консервативных механических систем. Условия неустойчивости консервативных систем по квадратичной части потенциальной энергии. Понятие о бифуркации. Случаи потери устойчивости для систем с потенциалом, зависящим от параметра. Влияние гироскопических и диссипативных сил на устойчивость равновесия. Теорема об асимптотической устойчивости строго диссипативных систем.

Первый метод Ляпунова исследования устойчивости. Теорема Ляпунова об устойчивости по линейному приближению (без доказательства). Критерий Рауса–Гурвица (без доказательства). Понятие о бифуркации. Случаи потери устойчивости для систем с потенциалом, зависящим от параметра. Два сценария потери устойчивости: дивергенция и флаттер.

11. Малые колебания консервативных систем

Малые колебания консервативных систем вблизи устойчивого положения равновесия. Уравнение частот. Главные (нормальные) координаты. Общее решение. Случай кратных корней.

12. Вынужденные колебания. Частотные характеристики

Вынужденные колебания линейной стационарной системы под действием гармонических сил. Частотные характеристики. Явление резонанса. Реакция линейной стационарной системы на негармоническое воздействие.

13. Уравнения Гамильтона

Переменные Гамильтона. Функция Гамильтона. Канонические уравнения Гамильтона. Преобразование Лежандра уравнений Лагранжа в уравнения Гамильтона. Функция Гамильтона для консервативной системы.

14. Первые интегралы гамильтоновых систем

Первые интегралы гамильтоновых систем. Скобки Пуассона. Теорема Якоби–Пуассона. Понижение порядка уравнений Гамильтона в случае циклических координат и для обобщенно консервативных систем. Уравнения Уиттекера.

Преобразование лагранжиана при замене координат и времени. Теорема Эмми Нетер.

15. Вариационный принцип Гамильтона

Действие по Гамильтону. Вариация действия по Гамильтону. Вариационный принцип Гамильтона.

16. Интегральные инварианты

Интегральные инварианты Пуанкаре–Картана и Пуанкаре. Обратные теоремы теории интегральных инвариантов. Теорема Лиувилля об инвариантности фазового объема гамильтоновой системы. Теорема Ли Хуа-чжуна об интегральных инвариантах первого порядка гамильтоновых систем.

17. Канонические преобразования

Канонические преобразования. Локальный критерий каноничности. Критерий каноничности в терминах производящих функций. Свободные преобразования. Правила преобразования гамильтонианов при канонических преобразованиях. Фазовый поток гамильтоновых систем как однопараметрическое семейство канонических преобразований.

18. Уравнение Гамильтона–Якоби

Уравнение Гамильтона–Якоби. Полный интеграл уравнения Гамильтона–Якоби и его использование в задаче интегрирования уравнений движения гамильтоновой системы. Случаи разделения переменных.

19. Лагранжева механика

Понятие механической связи. Классификация связей. Виртуальные перемещения. Общее уравнение динамики для системы материальных точек с идеальными связями. Конфигурационное многообразие голономной системы с конечным числом степеней свободы. Обобщенные координаты. Уравнения Лагранжа. Обобщенные силы. Уравнения

Лагранжа в случае потенциальных сил; функция Лагранжа (лагранжиан системы).
Уравнения Лагранжа в неинерциальных системах отсчета.

Свойства уравнений Лагранжа: ковариантность, невырожденность (приведение к нормальному виду Коши). Структура кинетической энергии. Стационарно заданные системы (стационарная параметризация); потенциальные, гироскопические, диссипативные силы. Первые интегралы лагранжевых систем: циклические интегралы, обобщенный интеграл энергии (интеграл Пенлеве–Якоби).

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Аналитическая механика (модерн.)

Цель дисциплины:

Изучение тех общих законов, которым подчиняются движение и равновесие материальных тел и возникающие при этом взаимодействия между телами, а также овладение основными алгоритмами исследования равновесия и движения механических систем. На данной основе становится возможным построение и исследование механико-математических моделей, адекватно описывающих разнообразные механические явления. Помимо этого, при изучении аналитической механики вырабатываются навыки практического использования методов, предназначенных для математического моделирования движения систем твёрдых тел.

Задачи дисциплины:

Изучение механической компоненты современной естественнонаучной картины мира, понятий и законов механики.

Овладение важнейшими методами решения научно-технических задач в области механики, основными алгоритмами математического моделирования механических явлений.

Формирование устойчивых навыков по применению фундаментальных положений аналитической механики при научном анализе ситуаций, с которыми инженеру приходится сталкиваться в ходе создания новой техники и новых технологий.

Ознакомление студентов с историей и логикой развития аналитической механики.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Основные понятия и концепции аналитической механики, важнейшие теоремы механики и их следствия, порядок применения теоретического аппарата механики в важнейших практических приложениях;

Основные механических величины, их определения, смысл и значения для аналитической механики;

Основные модели механических явлений, идеологию моделирования механических систем и принципы построения математических моделей механических систем;

Основные методы исследования равновесия и движения механических систем, основных алгоритмов такого исследования.

уметь:

Интерпретировать механические явления при помощи соответствующего теоретического аппарата.

Пользоваться определениями механических величин и понятий для правильного истолкования их смысла.

Объяснять характер поведения механических систем с применением основных теорем механики и их следствий.

Записывать уравнения, описывающие поведение механических систем, учитывая размерности механических величин и их математическую природу (скаляры, векторы, кватернионы, линейные операторы).

Применять основные методы исследования равновесия и движения механических систем, а также основные алгоритмы такого исследования при решении конкретных задач.

Пользоваться при аналитическом и численном исследовании математико-механических моделей технических систем возможностями современных компьютеров и информационных технологий.

владеть:

Навыками и методами построения и исследования математических моделей при решении задач механики.

Навыками применения основных законов теоретической механики в важнейших практических приложениях.

Основными теоретическими подходами аналитической механики и методами анализа и решения соответствующих уравнений.

Навыками использования возможностей современных компьютеров и информационных технологий при аналитическом и численном исследовании математико-механических моделей технических систем.

Темы и разделы курса:

1. Кинематика. Исходные понятия, задачи кинематики

Ньютоновское определение предмета теоретической механики. Кинематика и динамика – разделы курса теоретической механики.

2. Кинематика точки

Скорость и ускорение точки. Естественный трехгранник. Теорема Гюйгенса о разложении ускорения точки на тангенциальное и нормальное. Скорость и ускорение точки в полярных

координатах. Криволинейные координаты. Коэффициенты Ламе. Скорость и ускорение точки в криволинейных координатах.

3. Кинематика твердого тела

Твердое тело. Задачи кинематики твердого тела. Задание движения твердого тела. Углы Эйлера. Теорема Эйлера о конечном перемещении твердого тела, имеющего неподвижную точку. Теорема Шаля о конечных перемещениях твердого тела.

Скорость и ускорение твердого тела при поступательном движении. Понятие о мгновенном кинематическом состоянии твердого тела. Скорости и ускорения точек твердого тела в общем случае его движения. Угловая скорость. Угловое ускорение. Частные случаи: вращение твердого тела вокруг неподвижной оси, вращение вокруг неподвижной точки. Плоское движение твердого тела. Мгновенный центр скоростей. Мгновенный центр ускорений.

Кинематические инварианты. Кинематический винт. Мгновенная винтовая ось.

4. Кинематика сложного движения точки и твердого тела

Абсолютная и относительная производные вектора и соотношение между ними. Понятие сложного движения точки. Теорема о сложении скоростей при сложном движении точки. Теорема Кориолиса о сложении ускорений при сложном движении точки.

Понятие сложного движения твердого тела. Сложение мгновенно поступательных движений, сложение мгновенных вращений вокруг пересекающихся осей. Угловая скорость твердого тела – скользящий вектор. Кинематические уравнения Эйлера. Сложение вращений вокруг параллельных осей. Пара вращений. Общий случай сложения мгновенных движений твердого тела; приведение общего случая к случаям простейших мгновенных движений.

5. Общие основания кинематики системы

Свободные и несвободные системы. Связи, их классификация. Системы голономные и неголономные.

Возможные положения, скорости, ускорения и перемещения точек системы. Действительные и виртуальные перемещения. Синхронное варьирование.

Число степеней свободы системы. Обобщенные координаты. Координатное пространство. Обобщенные скорости и ускорения.

6. Основные понятия и аксиомы динамики

Инерциальные системы отсчета. Принцип относительности Галилея. Первый закон Ньютона (аксиома инерции). Сила. Масса. Второй закон Ньютона. Третий закон Ньютона (аксиома взаимодействия материальных точек). Аксиома о параллелограмме сил, приложенных к материальной точке. Активные силы и реакции связей. Принцип детерминированности Ньютона–Лапласа. Силы внешние и внутренние. Задачи динамики. Равновесие. Статика. Главный вектор и главный момент системы сил. Элементарная работа сил системы. Работа сил, приложенных к твердому телу. Силовое поле. Силовая функция. Потенциальная энергия. Элементарная работа сил системы в обобщенных координатах.

Обобщенные силы. Идеальные связи. Выражение реакций идеальных связей при помощи их уравнений и неопределенных множителей Лагранжа.

7. Основные теоремы динамики

Центр масс (центр инерции) системы. Понятие о движении системы относительно центра масс; кинематика системы координат. Количество движения. Теорема об изменении количества движения системы в инерциальной системе отсчета. Теорема о движении центра масс.

Момент количества движения (кинетический момент) относительно заданного центра. Соотношение между его значениями для различных центров. Теорема Кенига о вычислении кинетического момента. Теорема об изменении кинетического момента в инерциальной системе отсчета. Кинетическая энергия системы. Теорема Кенига о вычислении кинетической энергии. Теорема об изменении кинетической энергии в инерциальной системе отсчета.

Основные теоремы динамики в неинерциальной системе отсчета и для движения относительно центра масс. Вириал. Теорема о вириале. Механическое подобие.

8. Движение свободной материальной точки под действием центральных сил

Закон площадей. Формулы Бине. Рассеяние частиц. Формула Резерфорда.

Задача двух тел. Уравнения движения. Интеграл площадей; второй закон Кеплера. Интеграл энергии. Интеграл Лапласа. Уравнение орбиты; первый закон Кеплера. Зависимость характера орбиты от величины начальной скорости. Третий закон Кеплера

9. Геометрия масс

Момент инерции системы относительно оси. Моменты инерции относительно параллельных осей; теорема Гюйгенса–Штейнера. Тензор и эллипсоид инерции. Главные оси инерции. Свойства осевых моментов инерции.

10. Динамика твердого тела

Кинетический момент твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси или вокруг неподвижной точки. Кинетическая энергия твердого тела в частных случаях: поступательного движения, вращения вокруг неподвижной оси, вращения вокруг неподвижной точки, произвольного свободного движения, плоского движения.

Дифференциальное уравнение вращения твердого тела вокруг неподвижной оси. Дифференциальные уравнения движения свободного твердого тела. Уравнения плоского движения твердого тела. Дифференциальные уравнения движения твердого тела вокруг неподвижной точки. Динамические уравнения Эйлера. Случай Эйлера движения твердого тела вокруг неподвижной точки: первые интегралы динамических уравнений; перманентные вращения; регулярная прецессия в случае динамической симметрии тела; геометрическая интерпретация Пуансо движения твердого тела в случае Эйлера.

Вынужденная регулярная прецессия динамически симметричного твердого тела. Основная формула гироскопии. Понятие об элементарной теории гироскопов. Общая постановка задачи о движении тяжелого твердого тела вокруг неподвижной точки. Дифференциальные уравнения Эйлера – Пуассона и их первые интегралы. Понятие о случаях интегрируемости Эйлера, Лагранжа, Ковалевской. Качественный анализ движения твердого тела в случае Лагранжа.

11. Дифференциальные вариационные принципы механики

Общее уравнение динамики (принцип Даламбера–Лагранжа). Общее уравнение статики (принцип виртуальных перемещений). Принцип виртуальных перемещений в обобщенных координатах. Случай потенциального поля сил.

12. Дифференциальные уравнения аналитической динамики (начало)

Уравнения Лагранжа первого рода. Общее уравнение динамики в обобщенных координатах. Уравнения Лагранжа второго рода. Уравнения Лагранжа второго рода в случае потенциальных сил. Функция Лагранжа. Разрешимость уравнений Лагранжа относительно обобщенных ускорений. Теорема об изменении полной механической энергии. Гироскопические силы. Диссипативные силы, функция Релея. Обобщенный потенциал. Натуральные и ненатуральные системы. Понятие о неоднозначности выбора функции Лагранжа материальной системы по ее уравнениям движения. Первые интегралы лагранжевых систем.

13. Устойчивость равновесия. Малые колебания

Общие понятия об устойчивости, асимптотической устойчивости и неустойчивости равновесия. Теорема Лагранжа об устойчивости положения равновесия консервативной системы. Теоремы Ляпунова об обращении теоремы Лагранжа (без доказательства). Теорема Ляпунова об устойчивости движения по первому приближению (без доказательства). Критерий Рауса–Гурвица (без доказательства). Линеаризация уравнений движения в окрестности положения равновесия. Нормальные координаты и нормальные колебания. Колебания консервативной системы под действием внешних периодических сил. Резонанс. Малые колебания склерономной системы под действием сил, не зависящих явно от времени. Влияние внешних периодических сил на малые колебания склерономной системы. Амплитудно-фазовая характеристика.

14. Дифференциальные уравнения аналитической динамики (продолжение)

Обобщенные импульсы. Преобразование Лежандра. Теорема Донкина о преобразовании Лежандра. Канонические уравнения Гамильтона. Физический смысл функции Гамильтона. Интеграл Якоби. Время и энергия как канонически сопряженные переменные. Понижение порядка системы дифференциальных уравнений Гамильтона в случае существования циклических координат. Уравнения Уиттекера и Якоби для консервативных и обобщенно-консервативных систем.

Уравнения Рауса: функция Рауса, уравнения Рауса. Понижение порядка системы дифференциальных уравнений движения при помощи уравнений Рауса в случае существования циклических координат. Приведенный потенциал. Скобки Лагранжа. Скобки Пуассона и их свойства. Скобки Пуассона и первые интегралы. Теорема Якоби–Пуассона.

15. Канонические преобразования

Понятие канонического преобразования. Обобщенная симплектичность матрицы Якоби – необходимое и достаточное условие каноничности преобразования. Другие критерии каноничности преобразования (выражение их через скобки Лагранжа, через скобки Пуассона, посредством дифференциальной формы). Инвариантность скобок Пуассона при канонических преобразованиях. Канонические преобразования и процесс движения.

Теорема Лиувилля о сохранении фазового объёма. Свободное каноническое преобразование и его производящая функция. Канонические преобразования с производящей функцией, зависящей от старых координат и новых импульсов. Понятие о канонических преобразованиях, близких к тождественным и их применении в теории возмущений. Параметрический резонанс в системе с одной степенью свободы. Уравнение Матье.

16. Метод Якоби интегрирования уравнений динамики

Уравнение Гамильтона–Якоби. Полный интеграл. Теорема Якоби. Уравнение Гамильтона–Якоби для систем с циклическими координатами. Уравнение Гамильтона–Якоби для консервативных и обобщенно-консервативных систем. Разделение переменных. Теорема Лиувилля об интегрируемости гамильтоновой системы в квадратурах.

17. Интегральные инварианты

Понятие интегрального инварианта. Универсальный интегральный инвариант Пуанкаре. Теорема, обратная теореме об универсальном интегральном инварианте Пуанкаре. Теорема Ли Хуа – Чжуна. Интегральный инвариант Пуанкаре–Картана (основной интегральный инвариант механики). Теорема, обратная теореме об интегральном инварианте Пуанкаре – Картана.

18. Интегральные вариационные принципы

Принцип Принцип Гамильтона–Остроградского: прямой и окольный пути голономной системы, принцип Гамильтона–Остроградского, случай потенциального поля, действие по Гамильтону, понятие о характере экстремума действия по Гамильтону. Замена переменных в уравнениях Лагранжа. Теорема Нетер. Связь законов сохранения (первых интегралов) со свойствами пространства и времени. Принцип Мопертюи–Лагранжа: изоэнергетическое варьирование, принцип Мопертюи–Лагранжа, понятие о характере экстремума действия по Лагранжу. Принцип Якоби и геодезические линии в координатном пространстве. Сопоставление оптического принципа Ферма и принципа Мопертюи–Лагранжа.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Английский язык в экономике

Цель дисциплины:

Формирование и развитие социальных, деловых, межкультурных и профессионально-ориентированных коммуникативных компетенций по общеевропейской шкале уровней владения иностранными языками для решения коммуникативных задач в социокультурной, академической и профессионально-деловой сферах деятельности, а также для развития профессиональных и личностных качеств выпускников бакалавриата.

Задачи дисциплины:

Сформировать способность обучающегося языковыми средствами решать коммуникативные задачи в различных ситуациях межкультурного общения, осуществлять межличностное и профессиональное общение на иностранном языке с учётом особенностей культуры изучаемого языка, а также умение преодолевать межкультурные различия в ситуациях в ситуациях общебытового, социального и профессионального общения. Для достижения целей и задач освоения дисциплины, обучающиеся должны овладеть иноязычной общепрофессиональной коммуникативной компетенцией, включающей в себя:

Лингвистическую компетенцию: способность в соответствии с нормами изучаемого языка правильно конструировать грамматические формы и синтаксические построения.

Социолингвистическую компетенцию (способность использовать и преобразовывать языковые формы в соответствии с ситуацией иноязычного общения).

Социокультурную компетенцию: способность учитывать в общении речевое и неречевое поведение, принятое в стране изучаемого языка.

Социальную компетенцию: способность взаимодействовать с партнерами по общению, владение соответствующими стратегиями.

Дискурсивную компетенцию (способность понять и достичь связности отдельных высказываний в значимых коммуникативных моделях)

Стратегическую компетенцию: умение пользоваться наиболее эффективными стратегиями при решении коммуникативных задач.

Предметную компетенцию: знание предметной информации при организации собственного высказывания или понимания высказывания других людей.

Прагматическую компетенцию: умение выбирать наиболее эффективный и целесообразный способ выражения мысли в зависимости от условий коммуникативного акта и поставленной задачи.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- особенности видов речевой деятельности на английском языке;
- основные фонетические, лексические и грамматические явления и структуры, используемые в устной и письменной речи при общении на английском языке, их отличие от родного языка для аргументированного и логичного построения высказываний, позволяющих использовать изучаемый язык в повседневной, академической, научной, деловой и профессиональной коммуникации;
- межкультурные различия, культурные традиции и реалии, языковые нормы, социокультурные особенности поведения и речевого этикета страны изучаемого языка при устной и письменной межличностной коммуникации, межкультурном общении;
- виды коммуникативных намерений, соотношение коммуникативных намерений с замыслом и целью речевой коммуникации, типовые приемы и способы выражения коммуникативных намерений на английском языке в устной и письменной речи, принципы понимания коммуникативных намерений собеседников;
- особенности иноязычной академической коммуникации, приемы извлечения и сообщения иноязычной информации в академических целях;
- основы организации письменной коммуникации, типы коммуникативных задач письменного общения и функции письменных коммуникативных средств;
- специфику использования вербальных и невербальных средств в ситуациях иноязычной коммуникации;
- риторические приемы, используемые в различных видах коммуникативных ситуаций;
- виды и особенности письменных текстов и устных выступлений, общее содержание сложных текстов на абстрактные и конкретные темы, особенности иноязычных текстов, универсальные закономерности структурной организации текста, в том числе узкоспециальных текстов;
- правила использования различных технических средств с целью поиска и извлечения иноязычной информации, основные правила определения релевантности и надежности иноязычных источников, анализа и синтеза информации;
- мировые достижения, открытия, события из области истории, культуры, политики, социальной жизни;
- общие формы организации групповой работы; особенности поведения и интересы других участников; основы стратегического планирования работы команды для достижения поставленной цели;

- стандартные типы коммуникативных задач, цели и задачи деловых переговоров, социокультурные особенности ведения деловых переговоров, коммуникативно-прагматические и жанровые особенности переговоров;
- основные виды, универсальные правила, нормы официальных и деловых документов, особенности их стиля и оформления деловой переписки;
- базовую лексику и терминологию для академического, научного и профессионального общения.

уметь:

- понимать и использовать языковые средства во всех видах речевой деятельности на английском языке;
- вести на английском языке в различных сферах общения: обиходно-бытовых, социально-культурных, общественно-политических, профессиональных;
- соблюдать речевой этикет в ситуациях повседневного и делового общения (устанавливать и поддерживать контакты, завершать беседу, запрашивать и сообщать информацию, побуждать к действию, выражать согласие/несогласие с мнением собеседника, просьбу);
- устно реализовать коммуникативное намерение с целью воздействия на партнера по общению начинать, вести/поддерживать и заканчивать диалог-расспрос об увиденном, прочитанном, диалог-обмен мнениями и соблюдая нормы речевого этикета, при необходимости используя стратегии восстановления сбоя в процессе коммуникации (переспрос, перефразирование и др.);
- письменно реализовывать коммуникативные намерения (информирование, запрос, просьба, согласие, отказ, извинение, благодарность);
- извлекать общую и детальную информацию при чтении аутентичных англоязычных текстов, в том числе научно-публицистических;
- сообщать информацию на основе прочитанного текста в форме подготовленного монологического высказывания (презентации по предложенной теме;
- понимать монологические и диалогические высказывания при непосредственном общении и в аудио/видеозаписи;
- понимать коммуникативные интенции полученных письменных и устных сообщений;
- развертывать предложенный тезис в виде иллюстрации, детализации, разъяснения;
- использовать современные информационные технологии для профессиональной деятельности, делового общения и саморазвития;
- передать на русском языке содержание англоязычных научных и публицистических текстов в сфере профессиональной деятельности;
- подбирать литературу по теме, составлять двуязычный словарь, переводить и реферировать специальную литературу, подготавливать научные доклады и презентации на базе прочитанной специальной литературы, объяснить свою точку зрения и рассказать о своих планах;

- выбирать речевое поведение, тактики и стратегии в соответствии с целями и особенностями коммуникации;
- осуществлять устное и письменное иноязычное общение в соответствии со своей сферой профессиональной деятельности;
- учитывать особенности поведения и интересы других участников коммуникации, анализировать возможные последствия личных действий в социальном взаимодействии и командной работе, и с учетом этого строить продуктивное взаимодействие в коллективе;
- использовать приемы и принципы построения публичной речи для сообщения;
- профессионально-ориентированного содержания на английском языке;
- распознавать и дифференцировать языковые и речевые явления, выделять основную и второстепенную информацию при чтении текстов и восприятии речи на слух, использовать типовые средства устной и письменной коммуникации в межличностном общении; применять адекватные коммуникативные средства в стандартных ситуациях общения на профессионально-ориентированные темы;
- пользоваться графическими редакторами, создавать легко воспринимаемые наглядные материалы;
- описать графическую информацию (круговая гистограмма, таблица, столбиковый и линейный графики); написать короткую статью на заданную тему;
- написать саммари, ревью, краткую статью-совет на предложенную тему;
- реферировать и аннотировать иноязычные профессиональные тексты;
- создавать деловую корреспонденцию с учетом социокультурных требований к внешней и внутренней формам текста и использованием типизированных речевых высказываний;
- уметь представлять результаты исследования в письменной и устной форме;
- подбирать литературу по теме, составлять профессионально-ориентированный иноязычный тезаурус;
- выполнять перевод профессиональных текстов с иностранного языка на государственный язык Российской Федерации с учетом лексико-грамматических и стилистических особенностей языка оригинала и языка перевода и стандартных способов решения коммуникативных задач в области профессиональной деятельности;
- применять информационно-коммуникативные технологии в общении и речевой деятельности на иностранном языке;
- уметь выявлять и формулировать проблемы, возникающие в процессе изучения иностранного языка; оценивать свои возможности, реалистичность и адекватность намеченных способов и путей достижения планируемых целей

Владеть:

- межкультурной профессионально ориентированной коммуникативной компетенцией в разных видах речевой деятельности;

- различными коммуникативными стратегиями: учебными стратегиями для организации своей учебной деятельности;
- стратегиями рефлексии и самооценки в целях самосовершенствования личных качеств и достижений;
- стратегиями восприятия, анализа, создания устных и письменных текстов разных типов;
- интернет-технологиями для выбора оптимального режима получения информации; компенсаторными умениями, помогающими преодолеть «сбои» в коммуникации, вызванные объективными и субъективными, социокультурными причинами;
- разными приемами запоминания и структурирования усваиваемого материала;
- навыками эффективного взаимодействия с другими участниками коммуникации;
- презентационными технологиями для сообщения информации;
- технологиями командных коммуникаций, позволяющими достигать поставленной задачи
- риторическими техниками;
- различными видами чтения (поисковое, ознакомительное, аналитическое) с целью извлечения информации;
- методом поиска и анализа информации из различных источников в профессиональной области;
- навыками аннотирования и реферирования оригинальных научно-публицистических статей;
- приемами оценки и самооценки результатов деятельности по изучению иностранного языка
- приемами выявления и осознания своих языковых возможностей, личностных и профессионально-значимых качеств с целью их совершенствования;
- умением понимать речь носителей и не носителей языка в нормальном темпе и адекватно реагировать с учетом культурных норм международного общения;
- навыками публикации результатов научных исследований в научных изданиях на английском языке;
- умением создавать ясные, логичные высказывания монологического и диалогического характера в различных ситуациях бытового и профессионального общения, пользуясь необходимым набором средств коммуникации;
- приемами публичной речи и делового и профессионального дискурса на английском языке.

Темы и разделы курса:

1. Модуль 1. Английский язык для общих целей (General English)

2. Тема 1. Человек

Персональные данные: имя, возраст, происхождение, место проживания. Внешность, черты характера, привычки, взгляды на жизнь, умения и способности, потребности и интересы, ценности, идеалы, смысл жизни. Человек в социуме: семья и быт, круг общения.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: сообщать о себе: о внешности, чертах характера, о вредных и полезных привычках, взглядах на жизнь, умениях и способностях, потребностях и интересах, ценностях в жизни, своих идеалах, смысле жизни; задавать вопросы собеседнику по темам; описывать характер человека; сравнивать вещи или предметы; логически строить высказывания по самостоятельно составленному плану о семье, родственниках: имя, возраст, степени родства, профессия; уметь оперировать числами, датами, днями недели, месяцами и пр.

3. Тема 2. Прошлое и настоящее

Детство, отрочество и юность. Время и времяпрепровождение. Свободное время. Прошлое и настоящее в физическом, информационном и виртуальном пространствах. Время, как самая большая ценность в жизни человека.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: говорить о событиях прошедшего времени, описывать свое детство, отрочество и юность; рассуждать о времени и его влиянии на жизнь человека, о распределении времени и повседневном распорядке, свободном времени; логически строить высказывания о виртуальной реальности и информационной эпохе, описывать окружающую действительность, рассуждать о явлении «Виртуальный человек» в пространстве информационной культуры.

4. Тема 3. Личностный рост

Этапы становления личности. Мои цели, достижения. Мотивация. Отношения с самим собой. Внутренняя гармония. Отношения с окружающим миром. Самопознание. Самореализация. Рефлексия как способ саморазвития. Основные характеристики успешного человека. Успешность личности. Факторы успеха: гены, среда, характер. Преодоление трудностей.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: строить логические высказывания о личностном росте, рассуждать о способах достижения успеха, возможностях развития внутреннего потенциала, жизни

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Английский язык для академических целей

Цель дисциплины:

Формирование и развитие межкультурной профессионально-ориентированной коммуникативной компетенции на уровне A1/C1 по общеевропейской шкале уровней владения иностранными языками для решения коммуникативных задач в социокультурной, академической и профессионально-деловой сферах деятельности, а также развития профессиональных и личностных качеств выпускников бакалавриата.

Задачи дисциплины:

- лингвистическая компетенция: способность понимать речь других людей и выражать собственные мысли на основе знаний системы языка;
- социокультурная компетенция: способность учитывать в общении речевое и неречевое поведение, принятое в стране изучаемого языка;
- социальная компетенция: способность взаимодействовать с партнерами по общению, владение соответствующими стратегиями;
- дискурсивная компетенция: знание правил построения устных и письменных сообщений-дискурсов, умение строить такие сообщения и понимать их смысл в речи других людей;
- стратегическая компетенция: умение пользоваться наиболее эффективными стратегиями при решении коммуникативных задач;
- предметная компетенция: знание предметной информации при организации собственного высказывания или понимания высказывания других людей;
- компенсаторная компетенция: умение преодолевать коммуникативный барьер за счет использования известных речевых и метаязыковых средств;
- прагматическая компетенция; умение выбирать наиболее эффективный и целесообразный способ выражения мысли в зависимости от условий коммуникативного акта и поставленной задачи.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные факты, реалии, имена, достопримечательности, традиции англоязычных стран;

- достижения, открытия, события из области истории, культуры, политики, социальной жизни англоязычных стран;
- основные фонетические, лексико-грамматические, стилистические особенности английского языка и его отличие от родного языка;
- основные различия письменной и устной речи;
- базовые характеристики языка конкретного направления профессиональной подготовки.

уметь:

- порождать адекватные, в условиях конкретной ситуации общения, устные и письменные тексты;
- реализовать коммуникативное намерение с целью воздействия на партнера по общению;
- адекватно понимать и интерпретировать смысл и намерение автора при восприятии устных и письменных аутентичных текстов;
- выявлять сходство и различия в системах родного и английского языка;
- проявлять толерантность, эмпатию, открытость и дружелюбие при общении с представителями другой культуры.

владеть:

- межкультурной профессионально ориентированной коммуникативной компетенцией в разных видах речевой деятельности на уровне B2/C1;
- социокультурной компетенцией для успешного взаимопонимания в условиях общения с представителями другой культуры;
- различными коммуникативными стратегиями;
- учебными стратегиями для организации своей учебной деятельности;
- стратегиями рефлексии и самооценки в целях самосовершенствования личных качеств и достижений;
- разными приемами запоминания и структурирования усваиваемого материала;
- Интернет-технологиями для выбора оптимального режима получения информации;
- презентационными технологиями для сообщения информации.

Темы и разделы курса:

1. Society. Community Service

Study skills: Managing work and study.

Vocabulary: Practice and use verb and noun collocations. Grammar: Use discourse markers for adding reasons or details. Speaking: Notice and practice weak forms. Analyze and evaluate which charity to donate to.

2. Business. Starting on the Path to Success

Reading: read texts to identify examples, reasons, and explanations. Look for signposting to help you identify main ideas and text organization. Vocabulary: practice and use business verbs. Grammar: use modals of obligation and necessity. Writing: practice writing scientific essay introductions. Choose the appropriate scientific title, prepare, write and edit an introduction to a scientific essay.

3. Ecology. Food Waste

Listening: listen for emphasis of main ideas. Predicting. Vocabulary: practice and use phrasal verbs. Grammar: use relative clauses to add further information. Speaking: offer advice and suggestions. Present ways to reduce food waste in your local town (city).

4. Trends. Urban Sprawl

Listening: listen for dates and time signals. Vocabulary: practice synonyms and antonyms. Grammar: using past tenses to order historical events. Speaking: ask for clarification and repetition. Present a timeline of your city.

5. Skill: Effort or Luck?

Listening: listen for vocabulary in context in order to summarize content. Vocabulary: practice and use prefixes. Grammar: use quantifiers to express approximate quantity in scientific reports. Speaking: use discourse markers in scientific texts to compare and contrast. Brainstorm, prepare and present a talk on your future research.

6. Education. Exam Pressure

Listening: listen for how opinions are supported, for cause and effect. Vocabulary: practice and use collocations with get. Grammar: use modals in conditional sentences to give advice. Speaking: use different techniques to explain something, brainstorm and discuss ways to reduce academic pressure.

7. Work. Failing to Succeed. Peer Pressure

Reading: use pronoun reference when reading to understand how a text is organized. Identify reasons that explain or support main ideas. Vocabulary: practice and use re-prefixes to describe change. Grammar: use determiners of quantity. Writing: practice describing locations and changes in scientific discourse. Brainstorm, plan, and write a description of a scientific project.

8. Sociology. Stress Relief Therapy

Reading: practice deducing the meaning of new words from context. Practice identifying definitions in texts. Vocabulary: practice and use verb and preposition collocations. Grammar: use reported speech. Writing: practice organizing your notes into article paragraphs. Compose, share, and edit two paragraphs on a scientific project.

9. Fear of Public Speaking

Listening: listen to recognize organizational phrases, identify problems and solutions. Vocabulary: practice and use suffixes. Grammar: use tenses with adverbs to talk about experiences. Speaking: use key language to manage questions from the floor. Brainstorm, prepare and present a small talk about a problem you have had to solve.

10. Factual Story. Elements of the Plot

Listening: listen to identify the order of events. Listen for details to add to a diagram. Vocabulary: practice and use descriptive adjectives. Grammar: use modals in conditional sentences. Speaking: use words to express your attitude to something. Prepare and tell a factual story you know.

11. Environment. Solar Power

Listening: listen to recognize pros and cons of an argument. Listen to presenter interact with an audience. Vocabulary: practice and use word families related to the environment. Grammar: use modal passives to describe processes and actions. Speaking: use different techniques to interact with a presenter. Present a scientific poster.

12. Technology. Smart Eye Exam

Reading: practice taking notes in your own words when reading. Form research questions to focus your reading. Vocabulary: practice and use phrases for hedging and boosting. Grammar: use present and past perfect participles. Writing: practice proofreading and editing your writing. Plan, write, and edit a cover letter to an editor of a scientific journal.

13. A Book Report. Literary Studies

Reading: annotating text. Vocabulary: prefixes -un and -in. Grammar: intensifiers+ comparative combinations. Writing: a proposal. Evaluating and selecting online sources.

14. Work Space. Job Satisfaction

Listening: listen for reasons and contrasts. Vocabulary: practice and use words to give opinions. Grammar: defining and non-defining relative clauses. Speaking: chunking a presentation. Turn-taking.

15. Designing Solutions

Reading: previewing, identifying the main idea. Vocabulary: choosing the right word form. Grammar: clause joining with subordinates. Writing: paragraph structure, plagiarism

16. Neuroscience. Is Your Memory Online?

Reading: skimming, understanding vocabulary from context. Vocabulary: idiomatic expressions. Grammar: adverb clauses of reason and purpose. Writing: summarizing, a summary and a response paragraph .

17. The Power of the Written Word

Reading: practice distinguishing between facts and assumptions, identify bridge sentences to better understand text organization. Vocabulary: descriptive adjectives. Grammar: adverbs as stance markers. Writing: using sentence variety, paraphrasing.

18. How Does the Brain Multitask?

Reading: making inferences, using a graphic organizer to take notes. Vocabulary: collocations noun+verb. Grammar: passive modals: advice, ability and possibility. Writing: thesis statements, persuasive essay.

19. Making a Difference

Reading: recognising the writer's attitude and bias, reading statistical data. Vocabulary: words with Greek and Latin origins. Grammar: cleft sentences. Writing: using similies and metaphors, a descriptive anecdote.

20. Career Trends. Global Graduates

Reading: distinguishing fact from opinion. Vocabulary: negative prefixes. Grammar: object noun clauses with that. Writing: effective hooks.

21. The Craft of Research Publications

Лекция: Starting Point. Research Questions. Formulating a Hypothesis.

Исследовательский вопрос и научная гипотеза.

Практическое занятие. Изучение оригинальных англоязычных статей по тематике лекционного занятия. Разбор вопросов слушателей.

Самостоятельная работа. Выполнение тестовых заданий. Чтение дополнительной литературы и просмотр дополнительных видеоматериалов (см. список литературы).

22. Mine of Knowledge

Лекция. Reading Literature. Interacting with Texts. Annotated Bibliography.

Специфика написания научных публикаций на основе чтения литературы по теме исследования. Составление аннотированной библиографии.

Практическое занятие. Изучение оригинальных англоязычных статей по тематике лекционного занятия. Разбор вопросов слушателей.

Самостоятельная работа. Выполнение тестовых заданий. Чтение дополнительной литературы и просмотр дополнительных видеоматериалов (см. список литературы).

23. Vocabulary-Building Strategies

Лекция. Noun Phrases. Strategic Language Re-Use.

Dealing with New Words

Стратегии формирования профессионального тезауруса. Методика работы с новыми словами.

Практическое занятие. Изучение оригинальных англоязычных статей по тематике лекционного занятия. Разбор вопросов слушателей.

Самостоятельная работа. Выполнение тестовых заданий. Чтение дополнительной литературы и просмотр дополнительных видеоматериалов (см. список литературы).

24. Collocation and Corpus Searching

Лекция. Treasure Store. Concordancing. Concept Mapping.

Программные инструменты для извлечения частотной терминологической лексики, специфичной для области исследования.

Практическое занятие. Изучение оригинальных англоязычных статей по тематике лекционного занятия. Разбор вопросов слушателей.

Самостоятельная работа. Выполнение тестовых заданий. Чтение дополнительной литературы и просмотр дополнительных видеоматериалов (см. список литературы).

25. Модуль 1.

26. Модуль 2.

27. Модуль 3.

28. Модуль 4.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Английский язык для академической мобильности

Цель дисциплины:

Основная цель дисциплины(модуля) заключается в освоении технологий - методов и приемов - подготовки к экзаменам по английскому языку международных стандартов, а также формирование и развитие компетенций, необходимых для использования английского языка в учебной, научной и профессионально-деловой сферах деятельности при решении задач академической мобильности и развития профессиональных и личностных качеств выпускников бакалавриата.

Задачи дисциплины:

Ознакомить обучающихся с общими тенденциями современной международной сертификации по английскому языку, ее целями и задачами, с группами экзаменов международного уровня и их форматами, с инновационными технологиями формирования иноязычной коммуникативной компетенции и систематизации языковых явлений и структур; обозначить основные языковые и речевые умения и навыки, анализируемые международными экзаменами; сформировать приемы обучения устным и письменным видам речевой деятельности, а также основы умений творчески применять изученные методики в профессиональной деятельности; развивать способность обучающегося решать языковыми средствами коммуникативные задачи в различных ситуациях межкультурного общения, осуществлять межличностное общение на иностранном языке с учётом особенностей культуры изучаемого языка, а также умение преодолевать межкультурные различия в ситуациях общебытового, академического и делового общения.

Для достижения целей и задач освоения дисциплины, обучающиеся должны овладеть межкультурной коммуникативной компетенцией, включающей в себя:

Лингвистическую компетенцию: способность в соответствии с нормами изучаемого языка правильно конструировать грамматические формы и синтаксические построения.

Социолингвистическую компетенцию: способность использовать и преобразовывать языковые формы в соответствии с ситуацией иноязычного общения.

Социокультурную компетенцию: способность учитывать в общении речевое и неречевое поведение, принятое в стране изучаемого языка.

Социальную компетенцию: способность взаимодействовать с партнерами по общению, владение соответствующими стратегиями.

Дискурсивную компетенцию (способность понять и достичь связности отдельных высказываний в значимых коммуникативных моделях)

Стратегическую компетенцию: умение пользоваться наиболее эффективными стратегиями при решении коммуникативных задач.

Прагматическую компетенцию: умение выбирать наиболее эффективный и целесообразный способ выражения мысли в зависимости от условий коммуникативного акта и поставленной задачи.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные стратегии прохождения теста Academic IELTS (знать как работать с каждым типом вопросов, концентрировать внимание достаточно долгое время);
- основные фонетические, лексические и грамматические явления и структуры, используемые в устной и письменной речи при общении на английском языке, их отличие от родного языка для аргументированного и логичного построения высказываний, позволяющих использовать изучаемый язык в повседневной и профессионально-деловой коммуникации;
- различные аспекты жизнедеятельности человека, событий, явлений общественно-политического и социально-культурного характера;
- межкультурные различия, культурные традиции и реалии, языковые нормы, социокультурные особенности поведения и речевого этикета страны изучаемого языка при устной и письменной межличностной коммуникации, межкультурном общении;
- лексику, используемую в сфере высшего образования и в академической среде;
- особенности иноязычной академической коммуникации, приемы извлечения и сообщения иноязычной информации в академических целях;
- риторические приемы, используемые в различных видах коммуникативных ситуаций;
- правила использования различных технических средств с целью поиска и извлечения иноязычной информации, ее анализа и синтеза;
- общие формы организации групповой работы; особенности поведения и интересы других участников; основы стратегического планирования работы команды для достижения поставленной цели;
- требования к речевому и языковому оформлению устных и письменных высказываний по предложенным темам;
- тематический словарь в рамках изучаемой дисциплины;
- закономерности организации высказывания в таких формах выражения мысли, как объяснение, полемика и аргументированное высказывание.

уметь:

- понимать и использовать языковые средства во всех видах речевой деятельности на английском языке;
- понимать аутентичные аудиотексты различных жанров с одновременным выполнением тестовых заданий;
- писать ответ в соответствии с требованием;
- распознавать грамматические конструкции при восприятии сложных академических текстов;
- осуществлять коммуникацию на английском языке в различных сферах общения: обиходно-бытовых, социально-культурных;
- планировать, контролировать и оценивать свой устный и письменный ответ в рамках заданной темы;
- находить адекватные с точки зрения межкультурной коммуникации, аргументы в поддержку своего мнения в соответствии с поставленным вопросом;
- подбирать факты, структурировать информацию и выстраивать логику повествования;
- свободно выражать свои мысли, адекватно используя разнообразные языковые средства;
- реализовать коммуникативное намерение с целью воздействия на партнера по общению;
- создать точное представление о каком-либо культурном феномене и/или социально значимом событии;
- объяснить ранее неизвестное понятие; приводить аргументы и контраргументы; исследовать факты и связи;
- адекватно понимать и интерпретировать смысл и намерение автора при восприятии устных и письменных аутентичных текстов (распознавать в речи синонимы);
- выявлять сходство и различия в системах родного и английского языка;
- проявлять толерантность, эмпатию, открытость и дружелюбие при общении с представителями другой культуры;
- извлекать общую и детальную информацию при чтении аутентичных англоязычных текстов, в том числе научно-публицистических;
- сообщать информацию на основе прочитанного текста в форме подготовленного монологического высказывания (презентации по предложенной теме);
- понимать монологические и диалогические высказывания при непосредственном общении и в аудио/видеозаписи;
- развертывать предложенный тезис в виде иллюстрации, детализации, разъяснения;
- выбирать речевое поведение, тактики и стратегии в соответствии с целями и особенностями коммуникации;

- осуществлять устное и письменное иноязычное общение;
- использовать приемы и принципы построения публичной речи для сообщения на английском языке;
- распознавать и дифференцировать языковые и речевые явления, выделять основную и второстепенную информацию при чтении текстов и восприятии речи на слух, использовать типовые средства устной и письменной коммуникации в межличностном общении;
- применять информационно-коммуникативные технологии в общении и речевой деятельности на иностранном языке;

владеть:

- навыками использовать лимит времени и четко выполнять инструкции к каждому заданию;
- основными дискурсивными способами реализации коммуникативных целей высказывания применительно к особенностям текущего коммуникативного контекста (распознавать ключевые слова: время, место, цели и условия взаимодействия);
- основными способами выражения семантической, коммуникативной и структурной преемственности между частями высказывания - композиционными элементами текста, сверхфразовыми единствами, предложениями; различными коммуникативными стратегиями;
- дискурсивной компетенцией - уметь строить высказывание с учетом его логичности, достаточности, точности, выразительности, убедительности;
- навыками описывать иллюстрации (диаграммы, схемы, графики, картинки) и в установленном формате выражать свое отношение к чужому мнению, проблеме или ситуации
- стратегиями рефлексии и самооценки в целях самосовершенствования личных качеств и достижений;
- разными приемами запоминания и структурирования усваиваемого материала (развивать навык параллельно слушать и записывать слова);
- интернет-технологиями для выбора оптимального режима получения информации.

Темы и разделы курса:

1. Тема 1. Чтение (Reading)

Стратегии для развития беглости чтения. Понимание смысла из контекста. Понимание деталей и распознавание парафраз.

Коммуникативные задачи:

обсуждение эффективной стратегия подготовки к чтению; анализ различных типов заданий; отработка техники выбора правильных ответов и построения логической связи;

чтение текстов (3-5 текстов на разные академические темы (гуманитарные, общественные, естественнонаучные) порядка 700 слов и ответ на вопросы по его содержанию (12-14 вопросов к каждому тексту); отработка понимания причинно-следственных связей, контрастного сравнения; определение и понимание смысла из контекста.

Практические задачи:

работа с незнакомой лексикой; отработка техники быстрого определения общего смысла текста и главной мысли каждого абзаца; выполнение тестовых заданий, опираясь на общеакадемическую лексику и логические связи без знания специфической терминологии; понимание деталей, узнавание разных формулировок; выборочное чтение с целью поиска конкретной информации; определение лексических и грамматических конструкций, синонимичных предложенным в вопросах.

2. Тема 2. Прослушивание

Понимание естественной речи. Логические и стилистические связи речи. Классификация и выводы.

Коммуникативные задачи:

развитие понимания аутентичной речи, обсуждение и распознавание главной мысли аудио фрагмента; нахождение подтверждения выбранным ответам в заданиях; распознавание различных акцентов английского языка, определение фонетических и лексических различий; определение сложностей или истинности суждений, а также отсутствия информации в аудио тексте.

Практические задачи:

прослушивание аудиозаписей, обращая внимание на сигналы, предшествующие нужной информации; понимание моментов, когда говорящий изменяет или корректирует информацию; построение предположений и заключений, анализ задания и предвосхищение содержания аудиотекста, определение формы ответа и организация информации в задании.

3. Тема 3. Говорение

Произношение. Связность речи. Анализ и оценка устного ответа.

Коммуникативные задачи:

обсуждение видов заданий на говорение в тесте; прослушивание и повторение предложений, обращая внимание на звуки, представленные выделенными буквами; выражение отношения к предмету с применением стратегии сравнения и противопоставления; рассуждение на заданную тему с применением стратегии трех стадий изложения; построение релевантных ответов на вопросы с расширением и обоснованием; организация монологического дискурса в соответствии с предложенным планом; выдвижение гипотез; приведение примеров; рассуждение о событиях и явлениях в прошлом, настоящем, будущем; сопоставление фактов и мнений; давать оценку фактам, вероятностям, событиям, процессам; выражение собственного мнения и отношения к событиям, явлениям, фактам.

Практические задачи:

прослушивание и затем чтение вслух текста; чтение текста одновременно с прослушиванием, копируя произношение и интонацию; анализ вопроса и подготовка ответа в течение 1 минуты.

4. Тема 4. Письмо

Основные техники письма. Типы письменных заданий экзамена. Подготовка к записи. Логическая и грамматическая связность текста. Структура сочинения. Организация абзацев.

Коммуникативные задачи:

разбор и обсуждение основных техник письма, типов письменных заданий экзамена; описание иллюстраций и отслеживание динамики изменений (графика/схемы/таблицы); рассуждение по возможной тематике заданий (сочинение-рассуждение); выражение и обоснование собственного мнения; рассуждение на заданную тему с применением стратегии трех стадий изложения; построение релевантных ответов на вопросы с расширением и обоснованием; сравнение и противопоставление предложенных фактов и мнений; высказывание оценки и опровержения утверждений; выдвижение гипотез; приведение примеров; рассуждение о событиях и явлениях в прошлом, настоящем, будущем; сопоставление фактов и мнений; давать оценку фактам, вероятностям, событиям, процессам; выражение собственного мнения и отношения к событиям, явлениям, фактам; анализ организации письменного текста, перефразирования и обобщения информации в сочинении.

Практические задачи:

соединение нескольких простых предложений в одно сложное, используя грамматические и лексические средства; написание главного предложения абзаца, дополнение его поясняющими и/или иллюстрирующими предложениями; объединение абзацев в текст; написание введения и заключения.

5. Тема 1. Чтение

Стратегии для развития беглости чтения. Понимание смысла из контекста. Понимание деталей и распознавание парафраз.

Коммуникативные задачи:

обсуждение эффективной стратегия подготовки к чтению; анализ различных типов заданий; отработка техники выбора правильных ответов и построения логической связи.

Практические задачи:

Чтение 4-х текстов объемом около 680 слов и ответ на 50 касающихся их вопросов; определить главную мысль текста; выделить важные для понимания главной мысли текста детали; понять структуру текста; определить средства связи между предложениями на уровне текста; использовать контекст для понимания смысла ключевых терминов, используемых в тексте.

6. Тема 2. Прослушивание

Понимание естественной речи. Логические и стилистические связи речи. Классификация и выводы.

Коммуникативные задачи:

восприятие и понимание аутентичной речи на слух при прослушивании аудиозаписей, обращая внимание на сигналы, предшествующие нужной информации; понимание моментов, когда говорящий изменяет или корректирует информацию; построение предположений и заключений, анализ задания и определение формы ответа, обсуждение организации информации в задании.

Практические задачи:

Прослушивание 2-4 аудиозаписей и ответ на 5-6 вопросов к каждой из них: прослушивание различных ситуаций (продолжительностью от пяти до семи минут каждый), восприятие речи на слух (фрагмент лекции или беседу студентов и преподавателя либо двух студентов на академическую тему); ответить на вопросы; определить главную мысль звучащего текста; понять коммуникативные цели говорящего; выделить важные для понимания главной мысли текста детали; определить средства связи между предложениями на уровне текста.

7. Модуль 1. Академический курс подготовки к IELTS (Academic IELTS Preparation Course)

8. Модуль 2. Курс подготовки к TOEFL iBT (TOEFL iBT Preparation Course)

9. Тема 3. Говорение

Произношение. Связность речи. Анализ и оценка устного ответа.

Коммуникативные задачи:

обсуждение видов заданий на говорение; прослушивание и повторение предложений, обращая внимание на звуки, представленные выделенными буквами; выразить свое мнение; выражение отношения к предмету с применением стратегии сравнения и противопоставления; участвовать в дискуссиях на академические темы; выражать реакцию на чужие точки зрения; взаимодействовать с участниками образовательного процесса: сокурсниками, преподавателем; прослушивание и затем чтение вслух текста; чтение текста одновременно с прослушиванием, копируя произношение и интонацию; рассуждение на заданную тему с применением стратегии трех стадий изложения.

Практические задачи:

Блок из 6 задач: высказать мнение на предложенную тему и мотивировать его, а также прочесть текст и прослушать аудиозапись, после чего дать ответ на подготовленные экзаменатором вопросы по их содержанию; прослушать короткую лекцию и рассказать о наиболее эффективных способах разрешения проблемы, которые представлены в аудиозаписи; прослушать аудиозаписи с трактовкой выбранного термина и приведенными примерами, по итогам которого необходимо выявить и найти связь, после чего объяснить ее устно с развернутой мотивировкой.

10. Тема 4. Письмо

Основные техники письма. Типы письменных заданий экзамена. Подготовка к записи. Логическая и грамматическая связность текста. Структура сочинения. Организация абзацев.

Коммуникативные задачи:

разбор и обсуждение основных техник письма, типов письменных заданий экзамена (описание графика/схемы/таблицы; сочинение-рассуждение) и возможной тематики заданий; анализ организации письменного текста, перефразирования и обобщения информации в сочинении: соединение нескольких простых предложений в одно сложное, используя грамматические и лексические средства; написание главного предложения абзаца, дополнение его поясняющими и/или иллюстрирующими предложениями; объединение абзацев в текст; написание введения и заключения.

Практические задачи:

Прочитать текст и проанализировать аудиозапись на утвержденную тему, после чего записать резюме, в котором выявляют подтверждение или опровержение текста аудиозаписью. Написать эссе на заданную тему объемом до 300 слов в рамках предложенной темы, используя разнообразие лексических и грамматических структур; нормативное правописание и пунктуацию.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Английский язык для профессиональных целей

Цель дисциплины:

Формирование и развитие социальных, деловых, межкультурных и профессионально-ориентированных коммуникативных компетенций по общеевропейской шкале уровней владения иностранными языками для решения коммуникативных задач в социокультурной, академической и профессионально-деловой сферах деятельности, а также для развития профессиональных и личностных качеств выпускников бакалавриата.

Задачи дисциплины:

Сформировать способность обучающегося языковыми средствами решать коммуникативные задачи в различных ситуациях межкультурного общения, осуществлять межличностное и профессиональное общение на иностранном языке с учётом особенностей культуры изучаемого языка, а также умение преодолевать межкультурные различия в ситуациях в ситуациях общебытового, социального и профессионального общения. Для достижения целей и задач освоения дисциплины, обучающиеся должны овладеть иноязычной общепрофессиональной коммуникативной компетенцией, включающей в себя:

Лингвистическую компетенцию: способность в соответствии с нормами изучаемого языка правильно конструировать грамматические формы и синтаксические построения.

Социолингвистическую компетенцию (способность использовать и преобразовывать языковые формы в соответствии с ситуацией иноязычного общения).

Социокультурную компетенцию: способность учитывать в общении речевое и неречевое поведение, принятое в стране изучаемого языка.

Социальную компетенцию: способность взаимодействовать с партнерами по общению, владение соответствующими стратегиями.

Дискурсивную компетенцию (способность понять и достичь связности отдельных высказываний в значимых коммуникативных моделях)

Стратегическую компетенцию: умение пользоваться наиболее эффективными стратегиями при решении коммуникативных задач.

Предметную компетенцию: знание предметной информации при организации собственного высказывания или понимания высказывания других людей.

Прагматическую компетенцию: умение выбирать наиболее эффективный и целесообразный способ выражения мысли в зависимости от условий коммуникативного акта и поставленной задачи.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- особенности видов речевой деятельности на английском языке;
- основные фонетические, лексические и грамматические явления и структуры, используемые в устной и письменной речи при общении на английском языке, их отличие от родного языка для аргументированного и логичного построения высказываний, позволяющих использовать изучаемый язык в повседневной, академической, научной, деловой и профессиональной коммуникации;
- межкультурные различия, культурные традиции и реалии, языковые нормы, социокультурные особенности поведения и речевого этикета страны изучаемого языка при устной и письменной межличностной коммуникации, межкультурном общении;
- виды коммуникативных намерений, соотношение коммуникативных намерений с замыслом и целью речевой коммуникации, типовые приемы и способы выражения коммуникативных намерений на английском языке в устной и письменной речи, принципы понимания коммуникативных намерений собеседников;
- особенности иноязычной академической коммуникации, приемы извлечения и сообщения иноязычной информации в академических целях;
- основы организации письменной коммуникации, типы коммуникативных задач письменного общения и функции письменных коммуникативных средств;
- специфику использования вербальных и невербальных средств в ситуациях иноязычной коммуникации;
- риторические приемы, используемые в различных видах коммуникативных ситуаций;
- виды и особенности письменных текстов и устных выступлений, общее содержание сложных текстов на абстрактные и конкретные темы, особенности иноязычных текстов, универсальные закономерности структурной организации текста, в том числе узкоспециальных текстов;
- правила использования различных технических средств с целью поиска и извлечения иноязычной информации, основные правила определения релевантности и надежности иноязычных источников, анализа и синтеза информации;
- мировые достижения, открытия, события из области истории, культуры, политики, социальной жизни;
- общие формы организации групповой работы; особенности поведения и интересы других участников; основы стратегического планирования работы команды для достижения поставленной цели;

- стандартные типы коммуникативных задач, цели и задачи деловых переговоров, социокультурные особенности ведения деловых переговоров, коммуникативно-прагматические и жанровые особенности переговоров;
- основные виды, универсальные правила, нормы официальных и деловых документов, особенности их стиля и оформления деловой переписки;
- базовую лексику и терминологию для академического, научного и профессионального общения.

уметь:

- понимать и использовать языковые средства во всех видах речевой деятельности на английском языке;
- вести на английском языке в различных сферах общения: обиходно-бытовых, социально-культурных, общественно-политических, профессиональных;
- соблюдать речевой этикет в ситуациях повседневного и делового общения (устанавливать и поддерживать контакты, завершать беседу, запрашивать и сообщать информацию, побуждать к действию, выражать согласие/несогласие с мнением собеседника, просьбу);
- устно реализовать коммуникативное намерение с целью воздействия на партнера по общению начинать, вести/поддерживать и заканчивать диалог-расспрос об увиденном, прочитанном, диалог-обмен мнениями и соблюдая нормы речевого этикета, при необходимости используя стратегии восстановления сбоя в процессе коммуникации (переспрос, перефразирование и др.);
- письменно реализовывать коммуникативные намерения (информирование, запрос, просьба, согласие, отказ, извинение, благодарность);
- извлекать общую и детальную информацию при чтении аутентичных англоязычных текстов, в том числе научно-публицистических;
- сообщать информацию на основе прочитанного текста в форме подготовленного монологического высказывания (презентации по предложенной теме;
- понимать монологические и диалогические высказывания при непосредственном общении и в аудио/видеозаписи;
- понимать коммуникативные интенции полученных письменных и устных сообщений;
- развертывать предложенный тезис в виде иллюстрации, детализации, разъяснения;
- использовать современные информационные технологии для профессиональной деятельности, делового общения и саморазвития;
- передать на русском языке содержание англоязычных научных и публицистических текстов в сфере профессиональной деятельности;
- подбирать литературу по теме, составлять двуязычный словарь, переводить и реферировать специальную литературу, подготавливать научные доклады и презентации на базе прочитанной специальной литературы, объяснить свою точку зрения и рассказать о своих планах;

- выбирать речевое поведение, тактики и стратегии в соответствии с целями и особенностями коммуникации;
- осуществлять устное и письменное иноязычное общение в соответствии со своей сферой профессиональной деятельности;
- учитывать особенности поведения и интересы других участников коммуникации, анализировать возможные последствия личных действий в социальном взаимодействии и командной работе, и с учетом этого строить продуктивное взаимодействие в коллективе;
- использовать приемы и принципы построения публичной речи для сообщения;
- профессионально-ориентированного содержания на английском языке;
- распознавать и дифференцировать языковые и речевые явления, выделять основную и второстепенную информацию при чтении текстов и восприятии речи на слух, использовать типовые средства устной и письменной коммуникации в межличностном общении; применять адекватные коммуникативные средства в стандартных ситуациях общения на профессионально-ориентированные темы;
- пользоваться графическими редакторами, создавать легко воспринимаемые наглядные материалы;
- описать графическую информацию (круговая гистограмма, таблица, столбиковый и линейный графики); написать короткую статью на заданную тему;
- написать саммари, ревью, краткую статью-совет на предложенную тему;
- реферировать и аннотировать иноязычные профессиональные тексты;
- создавать деловую корреспонденцию с учетом социокультурных требований к внешней и внутренней формам текста и использованием типизированных речевых высказываний;
- уметь представлять результаты исследования в письменной и устной форме;
- подбирать литературу по теме, составлять профессионально-ориентированный иноязычный тезаурус;
- выполнять перевод профессиональных текстов с иностранного языка на государственный язык Российской Федерации с учетом лексико-грамматических и стилистических особенностей языка оригинала и языка перевода и стандартных способов решения коммуникативных задач в области профессиональной деятельности;
- применять информационно-коммуникативные технологии в общении и речевой деятельности на иностранном языке;
- уметь выявлять и формулировать проблемы, возникающие в процессе изучения иностранного языка; оценивать свои возможности, реалистичность и адекватность намеченных способов и путей достижения планируемых целей

Владеть:

- межкультурной профессионально ориентированной коммуникативной компетенцией в разных видах речевой деятельности;

- различными коммуникативными стратегиями: учебными стратегиями для организации своей учебной деятельности;
- стратегиями рефлексии и самооценки в целях самосовершенствования личных качеств и достижений;
- стратегиями восприятия, анализа, создания устных и письменных текстов разных типов;
- интернет-технологиями для выбора оптимального режима получения информации; компенсаторными умениями, помогающими преодолеть «сбои» в коммуникации, вызванные объективными и субъективными, социокультурными причинами;
- разными приемами запоминания и структурирования усваиваемого материала;
- навыками эффективного взаимодействия с другими участниками коммуникации;
- презентационными технологиями для сообщения информации;
- технологиями командных коммуникаций, позволяющими достигать поставленной задачи
- риторическими техниками;
- различными видами чтения (поисковое, ознакомительное, аналитическое) с целью извлечения информации;
- методом поиска и анализа информации из различных источников в профессиональной области;
- навыками аннотирования и реферирования оригинальных научно-публицистических статей;
- приемами оценки и самооценки результатов деятельности по изучению иностранного языка
- приемами выявления и осознания своих языковых возможностей, личностных и профессионально-значимых качеств с целью их совершенствования;
- умением понимать речь носителей и не носителей языка в нормальном темпе и адекватно реагировать с учетом культурных норм международного общения;
- навыками публикации результатов научных исследований в научных изданиях на английском языке;
- умением создавать ясные, логичные высказывания монологического и диалогического характера в различных ситуациях бытового и профессионального общения, пользуясь необходимым набором средств коммуникации;
- приемами публичной речи и делового и профессионального дискурса на английском языке.

Темы и разделы курса:

1. Модуль 1. Английский язык для общих целей (General English)

2. Тема 1. Человек

Персональные данные: имя, возраст, происхождение, место проживания. Внешность, черты характера, привычки, взгляды на жизнь, умения и способности, потребности и интересы, ценности, идеалы, смысл жизни. Человек в социуме: семья и быт, круг общения.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: сообщать о себе: о внешности, чертах характера, о вредных и полезных привычках, взглядах на жизнь, умениях и способностях, потребностях и интересах, ценностях в жизни, своих идеалах, смысле жизни; задавать вопросы собеседнику по темам; описывать характер человека; сравнивать вещи или предметы; логически строить высказывания по самостоятельно составленному плану о семье, родственниках: имя, возраст, степени родства, профессия; уметь оперировать числами, датами, днями недели, месяцами и пр.

3. Тема 2. Прошлое и настоящее

Детство, отрочество и юность. Время и времяпрепровождение. Свободное время. Прошлое и настоящее в физическом, информационном и виртуальном пространствах. Время, как самая большая ценность в жизни человека.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: говорить о событиях прошедшего времени, описывать свое детство, отрочество и юность; рассуждать о времени и его влиянии на жизнь человека, о распределении времени и повседневном распорядке, свободном времени; логически строить высказывания о виртуальной реальности и информационной эпохе, описывать окружающую действительность, рассуждать о явлении «Виртуальный человек» в пространстве информационной культуры.

4. Тема 3. Личностный рост

Этапы становления личности. Мои цели, достижения. Мотивация. Отношения с самим собой. Внутренняя гармония. Отношения с окружающим миром. Самопознание. Самореализация. Рефлексия как способ саморазвития. Основные характеристики успешного человека. Успешность личности. Факторы успеха: гены, среда, характер. Преодоление трудностей.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: строить логические высказывания о личностном росте, рассуждать о способах достижения успеха, возможностях развития внутреннего потенциала, жизненных перспективах, смысловом наполнении жизни, формировании ответственности, взятой на себя добровольно; рассказывать о способах самосовершенствования.

5. Тема 4. Окружающий мир

Воздействие человека с окружающей средой. Погода и климат. Влияние человека на природу: атмосферу, леса, мировой океан, почву, животный мир. Человек – дитя природы. Современные экологические проблемы.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: строить логические высказывания о живых существах и их взаимодействии с окружающей средой; проблемах загрязнения и охраны окружающей среды, природных и техногенных катастрофах, стихийных бедствиях; положительном и отрицательном влиянии человека на природу и экологию земли; рассуждать о нерушимой связи человека и природы;

участвовать в дискуссии о ценностях природных ресурсов, сохранения окружающей среды для будущих поколений.

6. Тема 5. Развлечения и хобби

Спорт. Музыка. Чтение. Фотография. Танцы. Кино. Театр. Видеоигры. Коллекционирование. Творчество. Влияние хобби на жизнь человека. Хобби как способ самореализации или пустая трата времени.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: уметь описать свои развлечения и хобби; составлять рецензии на фильм, книгу, спектакль и т.д.; обсудить героев и содержание книги, фильма, мультфильма и т.д.; вести беседу о влиянии хобби на выбор профессии, дать обратную связь на прочитанную книгу, просмотренный фильм, музыку, фотовыставку и т.д.; обсуждать киноиндустрию, музыку, СМИ, выражать свое мнение о влиянии СМИ на общество; строить логические высказывания о влиянии хобби на жизнь человека.

7. Тема 6. Мечты и реальность

Что такое мечта. Граница между мечтой и реальностью. Реальность порождает мечту. Мечта, ставшая реальностью. Представление о реальном мире. Мечта или цель. Мечты, планы и реальность. Планы на будущее.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: рассуждать о разнице между мечтой, планами и целью; рассказывать о своих мечтах; дискутировать на тему «Как воплотить мечту в реальности», уметь составлять список дел на неделю, месяц и т.д., рассуждать о планах на ближайшее будущее и перспективу.

8. Тема 7. Путешествия

Великие путешественники. Посещение различных стран. Новые впечатления и открытия. География путешествий. Туризм и путешествие. Планирование поездки. Транспорт. Гостиницы - бронирование, сервис. Опыт путешествий. Академическая мобильность.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: рассуждать на тему каникул, отпуска; обсуждать виды путешествий, транспорт, посещение достопримечательностей; делиться новыми впечатлениями, опытом, необычными фактами; описывать географическое положение городов и стран; сравнивать культуру и обычаи разных стран; рассказывать о достопримечательностях; описывать процедуру бронирования гостиниц, хостелов, предлагаемый в них сервис; описывать способы путешествий разными транспортными средствами, передвижение по городу, используя метро, такси, автобусы; кратко рассказать о транспортной системе в своем городе.

9. Тема 8. Социальная жизнь

Участие в студенческих клубах или сообществах. Волонтерское движение. Благотворительность. Благоустройство. Участие в молодежных и социальных проектах. Молодежные инициативы. Социальная сознательность.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: рассказывать о собственной социальной позиции и социальной инициативе; осуществлять поиск необходимой информации по тематике; рассуждать на тему волонтерства и благотворительности, благоустройства города, кампуса и т.д.

10. Модуль 2. Английский язык для академических целей (English for Academic Purposes)

11. Тема 1. Образование

Роль образования в современном мире. Обучение в ВУЗе. Общество, основанное на знаниях. Образование через всю жизнь. Образование как ценность. Критерии выбора ВУЗа. Профессия будущего.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: суммировать основные идеи статьи о важности образования в современном обществе; сделать выводы о ценности образования на основе статистики; обсудить недостатки и преимущества высшего образования; обсудить плюсы и минусы различных технологий обучения; дискутировать о профессиях будущего и собственном выборе профессии.

12. Тема 2. Креативность и творчество

10 величайших открытий в разных областях науки. Случайные открытия и их роль в науке, экономные инновации, влияние технологий и образования на развитие творческих способностей, исследовательский потенциал. Научное творчество. Креативное мышление. Изобретательство как процесс решения инженерных задач.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: рассказывать об открытиях и изобретениях, случайных открытиях, и обсуждать их важность, влияние креативности мышления на развитие технологий; обсуждать доступность науки для всех возрастных категорий и возможность добиваться высоких результатов; участвовать в дискуссии на тему важности креативного мышления и творчества в науке, технике и учебном процессе.

13. Тема 3. Старое и новое «Интернет вещей»

Люди и данные. Искусственный интеллект. Области применения технологии «Интернет вещей». Тенденции развития интеграции физического мира в компьютерные системы. Влияние технологии «Интернет вещей» на жизнь человека. Эволюция промышленных интеллектуальных технологий.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: осуществлять поиск информации в Интернет источниках и обмениваться мнениями о применении «Интернет Вещей» на бытовом уровне потребителей; рассказывать и описывать возможности, преимущества и недостатки применения современных интеллектуальных технологий в физическом мире; составлять описательные эссе, эссе-рассуждения по тематике; обсуждать развитие «Интернет вещей» в современном мире интеллектуальных технологий.

14. Тема 4. Жизненные ценности

Ценность жизни. Три основных круга жизненных ценностей: личная жизнь и от

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Английский язык для специальных целей

Цель дисциплины:

Формирование и развитие социальных, деловых, межкультурных и профессионально-ориентированных коммуникативных компетенций по общеевропейской шкале уровней владения иностранными языками для решения коммуникативных задач в социокультурной, академической и профессионально-деловой сферах деятельности, а также для развития профессиональных и личностных качеств выпускников бакалавриата.

Задачи дисциплины:

Сформировать способность обучающегося языковыми средствами решать коммуникативные задачи в различных ситуациях межкультурного общения, осуществлять межличностное и профессиональное общение на иностранном языке с учётом особенностей культуры изучаемого языка, а также умение преодолевать межкультурные различия в ситуациях в ситуациях общебытового, социального и профессионального общения. Для достижения целей и задач освоения дисциплины, обучающиеся должны овладеть иноязычной общепрофессиональной коммуникативной компетенцией, включающей в себя:

Лингвистическую компетенцию: способность в соответствии с нормами изучаемого языка правильно конструировать грамматические формы и синтаксические построения.

Социолингвистическую компетенцию (способность использовать и преобразовывать языковые формы в соответствии с ситуацией иноязычного общения).

Социокультурную компетенцию: способность учитывать в общении речевое и неречевое поведение, принятое в стране изучаемого языка.

Социальную компетенцию: способность взаимодействовать с партнерами по общению, владение соответствующими стратегиями.

Дискурсивную компетенцию (способность понять и достичь связности отдельных высказываний в значимых коммуникативных моделях)

Стратегическую компетенцию: умение пользоваться наиболее эффективными стратегиями при решении коммуникативных задач.

Предметную компетенцию: знание предметной информации при организации собственного высказывания или понимания высказывания других людей.

Прагматическую компетенцию: умение выбирать наиболее эффективный и целесообразный способ выражения мысли в зависимости от условий коммуникативного акта и поставленной задачи.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- особенности видов речевой деятельности на английском языке;
- основные фонетические, лексические и грамматические явления и структуры, используемые в устной и письменной речи при общении на английском языке, их отличие от родного языка для аргументированного и логичного построения высказываний, позволяющих использовать изучаемый язык в повседневной, академической, научной, деловой и профессиональной коммуникации;
- межкультурные различия, культурные традиции и реалии, языковые нормы, социокультурные особенности поведения и речевого этикета страны изучаемого языка при устной и письменной межличностной коммуникации, межкультурном общении;
- виды коммуникативных намерений, соотношение коммуникативных намерений с замыслом и целью речевой коммуникации, типовые приемы и способы выражения коммуникативных намерений на английском языке в устной и письменной речи, принципы понимания коммуникативных намерений собеседников;
- особенности иноязычной академической коммуникации, приемы извлечения и сообщения иноязычной информации в академических целях;
- основы организации письменной коммуникации, типы коммуникативных задач письменного общения и функции письменных коммуникативных средств;
- специфику использования вербальных и невербальных средств в ситуациях иноязычной коммуникации;
- риторические приемы, используемые в различных видах коммуникативных ситуаций;
- виды и особенности письменных текстов и устных выступлений, общее содержание сложных текстов на абстрактные и конкретные темы, особенности иноязычных текстов, универсальные закономерности структурной организации текста, в том числе узкоспециальных текстов;
- правила использования различных технических средств с целью поиска и извлечения иноязычной информации, основные правила определения релевантности и надежности иноязычных источников, анализа и синтеза информации;
- мировые достижения, открытия, события из области истории, культуры, политики, социальной жизни;
- общие формы организации групповой работы; особенности поведения и интересы других участников; основы стратегического планирования работы команды для достижения поставленной цели;

- стандартные типы коммуникативных задач, цели и задачи деловых переговоров, социокультурные особенности ведения деловых переговоров, коммуникативно-прагматические и жанровые особенности переговоров;
- основные виды, универсальные правила, нормы официальных и деловых документов, особенности их стиля и оформления деловой переписки;
- базовую лексику и терминологию для академического, научного и профессионального общения.

уметь:

- понимать и использовать языковые средства во всех видах речевой деятельности на английском языке;
- вести на английском языке в различных сферах общения: обиходно-бытовых, социально-культурных, общественно-политических, профессиональных;
- соблюдать речевой этикет в ситуациях повседневного и делового общения (устанавливать и поддерживать контакты, завершать беседу, запрашивать и сообщать информацию, побуждать к действию, выражать согласие/несогласие с мнением собеседника, просьбу);
- устно реализовать коммуникативное намерение с целью воздействия на партнера по общению начинать, вести/поддерживать и заканчивать диалог-расспрос об увиденном, прочитанном, диалог-обмен мнениями и соблюдая нормы речевого этикета, при необходимости используя стратегии восстановления сбоя в процессе коммуникации (переспрос, перефразирование и др.);
- письменно реализовывать коммуникативные намерения (информирование, запрос, просьба, согласие, отказ, извинение, благодарность);
- извлекать общую и детальную информацию при чтении аутентичных англоязычных текстов, в том числе научно-публицистических;
- сообщать информацию на основе прочитанного текста в форме подготовленного монологического высказывания (презентации по предложенной теме;
- понимать монологические и диалогические высказывания при непосредственном общении и в аудио/видеозаписи;
- понимать коммуникативные интенции полученных письменных и устных сообщений;
- развертывать предложенный тезис в виде иллюстрации, детализации, разъяснения;
- использовать современные информационные технологии для профессиональной деятельности, делового общения и саморазвития;
- передать на русском языке содержание англоязычных научных и публицистических текстов в сфере профессиональной деятельности;
- подбирать литературу по теме, составлять двуязычный словарь, переводить и реферировать специальную литературу, подготавливать научные доклады и презентации на базе прочитанной специальной литературы, объяснить свою точку зрения и рассказать о своих планах;

- выбирать речевое поведение, тактики и стратегии в соответствии с целями и особенностями коммуникации;
- осуществлять устное и письменное иноязычное общение в соответствии со своей сферой профессиональной деятельности;
- учитывать особенности поведения и интересы других участников коммуникации, анализировать возможные последствия личных действий в социальном взаимодействии и командной работе, и с учетом этого строить продуктивное взаимодействие в коллективе;
- использовать приемы и принципы построения публичной речи для сообщения;
- профессионально-ориентированного содержания на английском языке;
- распознавать и дифференцировать языковые и речевые явления, выделять основную и второстепенную информацию при чтении текстов и восприятии речи на слух, использовать типовые средства устной и письменной коммуникации в межличностном общении; применять адекватные коммуникативные средства в стандартных ситуациях общения на профессионально-ориентированные темы;
- пользоваться графическими редакторами, создавать легко воспринимаемые наглядные материалы;
- описать графическую информацию (круговая гистограмма, таблица, столбиковый и линейный графики); написать короткую статью на заданную тему;
- написать саммари, ревью, краткую статью-совет на предложенную тему;
- реферировать и аннотировать иноязычные профессиональные тексты;
- создавать деловую корреспонденцию с учетом социокультурных требований к внешней и внутренней формам текста и использованием типизированных речевых высказываний;
- уметь представлять результаты исследования в письменной и устной форме;
- подбирать литературу по теме, составлять профессионально-ориентированный иноязычный тезаурус;
- выполнять перевод профессиональных текстов с иностранного языка на государственный язык Российской Федерации с учетом лексико-грамматических и стилистических особенностей языка оригинала и языка перевода и стандартных способов решения коммуникативных задач в области профессиональной деятельности;
- применять информационно-коммуникативные технологии в общении и речевой деятельности на иностранном языке;
- уметь выявлять и формулировать проблемы, возникающие в процессе изучения иностранного языка; оценивать свои возможности, реалистичность и адекватность намеченных способов и путей достижения планируемых целей

Владеть:

- межкультурной профессионально ориентированной коммуникативной компетенцией в разных видах речевой деятельности;

- различными коммуникативными стратегиями: учебными стратегиями для организации своей учебной деятельности;
- стратегиями рефлексии и самооценки в целях самосовершенствования личных качеств и достижений;
- стратегиями восприятия, анализа, создания устных и письменных текстов разных типов;
- интернет-технологиями для выбора оптимального режима получения информации; компенсаторными умениями, помогающими преодолеть «сбои» в коммуникации, вызванные объективными и субъективными, социокультурными причинами;
- разными приемами запоминания и структурирования усваиваемого материала;
- навыками эффективного взаимодействия с другими участниками коммуникации;
- презентационными технологиями для сообщения информации;
- технологиями командных коммуникаций, позволяющими достигать поставленной задачи
- риторическими техниками;
- различными видами чтения (поисковое, ознакомительное, аналитическое) с целью извлечения информации;
- методом поиска и анализа информации из различных источников в профессиональной области;
- навыками аннотирования и реферирования оригинальных научно-публицистических статей;
- приемами оценки и самооценки результатов деятельности по изучению иностранного языка
- приемами выявления и осознания своих языковых возможностей, личностных и профессионально-значимых качеств с целью их совершенствования;
- умением понимать речь носителей и не носителей языка в нормальном темпе и адекватно реагировать с учетом культурных норм международного общения;
- навыками публикации результатов научных исследований в научных изданиях на английском языке;
- умением создавать ясные, логичные высказывания монологического и диалогического характера в различных ситуациях бытового и профессионального общения, пользуясь необходимым набором средств коммуникации;
- приемами публичной речи и делового и профессионального дискурса на английском языке.

Темы и разделы курса:

1. Модуль 1. Английский язык для общих целей (General English)

2. Тема 1. Человек

Персональные данные: имя, возраст, происхождение, место проживания. Внешность, черты характера, привычки, взгляды на жизнь, умения и способности, потребности и интересы, ценности, идеалы, смысл жизни. Человек в социуме: семья и быт, круг общения.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: сообщать о себе: о внешности, чертах характера, о вредных и полезных привычках, взглядах на жизнь, умениях и способностях, потребностях и интересах, ценностях в жизни, своих идеалах, смысле жизни; задавать вопросы собеседнику по темам; описывать характер человека; сравнивать вещи или предметы; логически строить высказывания по самостоятельно составленному плану о семье, родственниках: имя, возраст, степени родства, профессия; уметь оперировать числами, датами, днями недели, месяцами и пр.

3. Тема 2. Прошлое и настоящее

Детство, отрочество и юность. Время и времяпрепровождение. Свободное время. Прошлое и настоящее в физическом, информационном и виртуальном пространствах. Время, как самая большая ценность в жизни человека.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: говорить о событиях прошедшего времени, описывать свое детство, отрочество и юность; рассуждать о времени и его влиянии на жизнь человека, о распределении времени и повседневном распорядке, свободном времени; логически строить высказывания о виртуальной реальности и информационной эпохе, описывать окружающую действительность, рассуждать о явлении «Виртуальный человек» в пространстве информационной культуры.

4. Тема 3. Личностный рост

Этапы становления личности. Мои цели, достижения. Мотивация. Отношения с самим собой. Внутренняя гармония. Отношения с окружающим миром. Самопознание. Самореализация. Рефлексия как способ саморазвития. Основные характеристики успешного человека. Успешность личности. Факторы успеха: гены, среда, характер. Преодоление трудностей.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: строить логические высказывания о личностном росте, рассуждать о способах достижения успеха, возможностях развития внутреннего потенциала, жизненных перспективах, смысловом наполнении жизни, формировании ответственности, взятой на себя добровольно; рассказывать о способах самосовершенствования.

5. Тема 4. Окружающий мир

Воздействие человека с окружающей средой. Погода и климат. Влияние человека на природу: атмосферу, леса, мировой океан, п

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Английский язык. Расширение словарного запаса

Цель дисциплины:

Формирование и развитие социальных, деловых, межкультурных и профессионально-ориентированных коммуникативных компетенций по общеевропейской шкале уровней владения иностранными языками для решения коммуникативных задач в социокультурной, академической и профессионально-деловой сферах деятельности, а также для развития профессиональных и личностных качеств выпускников бакалавриата.

Задачи дисциплины:

Сформировать способность обучающегося языковыми средствами решать коммуникативные задачи в различных ситуациях межкультурного общения, осуществлять межличностное и профессиональное общение на иностранном языке с учётом особенностей культуры изучаемого языка, а также умение преодолевать межкультурные различия в ситуациях в ситуациях общебытового, социального и профессионального общения. Для достижения целей и задач освоения дисциплины, обучающиеся должны овладеть иноязычной общепрофессиональной коммуникативной компетенцией, включающей в себя:

Лингвистическую компетенцию: способность в соответствии с нормами изучаемого языка правильно конструировать грамматические формы и синтаксические построения.

Социолингвистическую компетенцию (способность использовать и преобразовывать языковые формы в соответствии с ситуацией иноязычного общения).

Социокультурную компетенцию: способность учитывать в общении речевое и неречевое поведение, принятое в стране изучаемого языка.

Социальную компетенцию: способность взаимодействовать с партнерами по общению, владение соответствующими стратегиями.

Дискурсивную компетенцию (способность понять и достичь связности отдельных высказываний в значимых коммуникативных моделях)

Стратегическую компетенцию: умение пользоваться наиболее эффективными стратегиями при решении коммуникативных задач.

Предметную компетенцию: знание предметной информации при организации собственного высказывания или понимания высказывания других людей.

Прагматическую компетенцию: умение выбирать наиболее эффективный и целесообразный способ выражения мысли в зависимости от условий коммуникативного акта и поставленной задачи.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- особенности видов речевой деятельности на английском языке;
- основные фонетические, лексические и грамматические явления и структуры, используемые в устной и письменной речи при общении на английском языке, их отличие от родного языка для аргументированного и логичного построения высказываний, позволяющих использовать изучаемый язык в повседневной, академической, научной, деловой и профессиональной коммуникации;
- межкультурные различия, культурные традиции и реалии, языковые нормы, социокультурные особенности поведения и речевого этикета страны изучаемого языка при устной и письменной межличностной коммуникации, межкультурном общении;
- виды коммуникативных намерений, соотношение коммуникативных намерений с замыслом и целью речевой коммуникации, типовые приемы и способы выражения коммуникативных намерений на английском языке в устной и письменной речи, принципы понимания коммуникативных намерений собеседников;
- особенности иноязычной академической коммуникации, приемы извлечения и сообщения иноязычной информации в академических целях;
- основы организации письменной коммуникации, типы коммуникативных задач письменного общения и функции письменных коммуникативных средств;
- специфику использования вербальных и невербальных средств в ситуациях иноязычной коммуникации;
- риторические приемы, используемые в различных видах коммуникативных ситуаций;
- виды и особенности письменных текстов и устных выступлений, общее содержание сложных текстов на абстрактные и конкретные темы, особенности иноязычных текстов, универсальные закономерности структурной организации текста, в том числе узкоспециальных текстов;
- правила использования различных технических средств с целью поиска и извлечения иноязычной информации, основные правила определения релевантности и надежности иноязычных источников, анализа и синтеза информации;
- мировые достижения, открытия, события из области истории, культуры, политики, социальной жизни;
- общие формы организации групповой работы; особенности поведения и интересы других участников; основы стратегического планирования работы команды для достижения поставленной цели;

- стандартные типы коммуникативных задач, цели и задачи деловых переговоров, социокультурные особенности ведения деловых переговоров, коммуникативно-прагматические и жанровые особенности переговоров;
- основные виды, универсальные правила, нормы официальных и деловых документов, особенности их стиля и оформления деловой переписки;
- базовую лексику и терминологию для академического, научного и профессионального общения.

уметь:

- понимать и использовать языковые средства во всех видах речевой деятельности на английском языке;
- вести на английском языке в различных сферах общения: обиходно-бытовых, социально-культурных, общественно-политических, профессиональных;
- соблюдать речевой этикет в ситуациях повседневного и делового общения (устанавливать и поддерживать контакты, завершать беседу, запрашивать и сообщать информацию, побуждать к действию, выражать согласие/несогласие с мнением собеседника, просьбу);
- устно реализовать коммуникативное намерение с целью воздействия на партнера по общению начинать, вести/поддерживать и заканчивать диалог-расспрос об увиденном, прочитанном, диалог-обмен мнениями и соблюдая нормы речевого этикета, при необходимости используя стратегии восстановления сбоя в процессе коммуникации (переспрос, перефразирование и др.);
- письменно реализовывать коммуникативные намерения (информирование, запрос, просьба, согласие, отказ, извинение, благодарность);
- извлекать общую и детальную информацию при чтении аутентичных англоязычных текстов, в том числе научно-публицистических;
- сообщать информацию на основе прочитанного текста в форме подготовленного монологического высказывания (презентации по предложенной теме;
- понимать монологические и диалогические высказывания при непосредственном общении и в аудио/видеозаписи;
- понимать коммуникативные интенции полученных письменных и устных сообщений;
- развертывать предложенный тезис в виде иллюстрации, детализации, разъяснения;
- использовать современные информационные технологии для профессиональной деятельности, делового общения и саморазвития;
- передать на русском языке содержание англоязычных научных и публицистических текстов в сфере профессиональной деятельности;
- подбирать литературу по теме, составлять двуязычный словарь, переводить и реферировать специальную литературу, подготавливать научные доклады и презентации на базе прочитанной специальной литературы, объяснить свою точку зрения и рассказать о своих планах;

- выбирать речевое поведение, тактики и стратегии в соответствии с целями и особенностями коммуникации;
- осуществлять устное и письменное иноязычное общение в соответствии со своей сферой профессиональной деятельности;
- учитывать особенности поведения и интересы других участников коммуникации, анализировать возможные последствия личных действий в социальном взаимодействии и командной работе, и с учетом этого строить продуктивное взаимодействие в коллективе;
- использовать приемы и принципы построения публичной речи для сообщения;
- профессионально-ориентированного содержания на английском языке;
- распознавать и дифференцировать языковые и речевые явления, выделять основную и второстепенную информацию при чтении текстов и восприятии речи на слух, использовать типовые средства устной и письменной коммуникации в межличностном общении; применять адекватные коммуникативные средства в стандартных ситуациях общения на профессионально-ориентированные темы;
- пользоваться графическими редакторами, создавать легко воспринимаемые наглядные материалы;
- описать графическую информацию (круговая гистограмма, таблица, столбиковый и линейный графики); написать короткую статью на заданную тему;
- написать саммари, ревью, краткую статью-совет на предложенную тему;
- реферировать и аннотировать иноязычные профессиональные тексты;
- создавать деловую корреспонденцию с учетом социокультурных требований к внешней и внутренней формам текста и использованием типизированных речевых высказываний;
- уметь представлять результаты исследования в письменной и устной форме;
- подбирать литературу по теме, составлять профессионально-ориентированный иноязычный тезаурус;
- выполнять перевод профессиональных текстов с иностранного языка на государственный язык Российской Федерации с учетом лексико-грамматических и стилистических особенностей языка оригинала и языка перевода и стандартных способов решения коммуникативных задач в области профессиональной деятельности;
- применять информационно-коммуникативные технологии в общении и речевой деятельности на иностранном языке;
- уметь выявлять и формулировать проблемы, возникающие в процессе изучения иностранного языка; оценивать свои возможности, реалистичность и адекватность намеченных способов и путей достижения планируемых целей.

Владеть:

- межкультурной профессионально ориентированной коммуникативной компетенцией в разных видах речевой деятельности;

- различными коммуникативными стратегиями: учебными стратегиями для организации своей учебной деятельности;
- стратегиями рефлексии и самооценки в целях самосовершенствования личных качеств и достижений;
- стратегиями восприятия, анализа, создания устных и письменных текстов разных типов;
- интернет-технологиями для выбора оптимального режима получения информации; компенсаторными умениями, помогающими преодолеть «сбои» в коммуникации, вызванные объективными и субъективными, социокультурными причинами;
- разными приемами запоминания и структурирования усваиваемого материала;
- навыками эффективного взаимодействия с другими участниками коммуникации;
- презентационными технологиями для сообщения информации;
- технологиями командных коммуникаций, позволяющими достигать поставленной задачи
- риторическими техниками;
- различными видами чтения (поисковое, ознакомительное, аналитическое) с целью извлечения информации;
- методом поиска и анализа информации из различных источников в профессиональной области;
- навыками аннотирования и реферирования оригинальных научно-публицистических статей;
- приемами оценки и самооценки результатов деятельности по изучению иностранного языка;
- приемами выявления и осознания своих языковых возможностей, личностных и профессионально-значимых качеств с целью их совершенствования;
- умением понимать речь носителей и не носителей языка в нормальном темпе и адекватно реагировать с учетом культурных норм международного общения;
- навыками публикации результатов научных исследований в научных изданиях на английском языке;
- умением создавать ясные, логичные высказывания монологического и диалогического характера в различных ситуациях бытового и профессионального общения, пользуясь необходимым набором средств коммуникации;
- приемами публичной речи и делового и профессионального дискурса на английском языке.

Темы и разделы курса:

1. Образование и личностный рост

Образовательные технологии в современном мире. Образование как основной стимул развития технологии, науки и предпринимательства. Исторические предпосылки сформированности образовательных моделей. Личностные характеристики, определяющие

академическую траекторию. Влияние образования на успешность в карьере. Гендерные различия в образовательном процессе. Преимущества и недостатки системы высшего образования РФ в сравнении с Европейскими. «Инфляция» Степени (Academic inflation) как явление современности.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: суммировать основные идеи статьи о важности образования в современном обществе; сделать выводы о ценности образования на основе статистики; обсудить недостатки и преимущества высшего образования; обсудить плюсы и минусы различных технологий обучения; дискутировать о влиянии образования на успешность в карьере, строить логические высказывания о личностном росте, рассуждать о способах достижения успеха, возможностях развития внутреннего потенциала, жизненных перспективах, смысловом наполнении жизни, формировании ответственности, взятой на себя добровольно; рассказывать о способах самосовершенствования.

2. Работа в XXI веке

Рынок труда: востребованность профессий, внедрение искусственного интеллекта в рабочий процесс, предпосылки к безработице, сравнительный анализ уровня безработицы на мировой арене и ее влияние на экономическое развитие страны. Гиганомика: плюсы и минусы, популярность модели в России, перспективы. Тренды развития рынка труда. Удовлетворенность работой и соблюдение верного временного баланса между работой и отдыхом. SWOT – анализ, раскрывающий наиболее вероятные и перспективные сферы деятельности. «Мягкие» навыки, формирующие портрет работника. Дискриминация на рабочем месте; стеклянный потолок для отдельных категорий работников: актуальности, способы борьбы с явлениями. Способы оплаты труда. Продуктивность и инструменты ее увеличения.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: представлять идеи в различных устных и письменных формах; обсудить влияние личностных качеств на карьерный рост; выдвигать гипотезы о будущем рынка труда; готовить доклады и презентации о трендах занятости; интерпретировать графически представленную информацию в устной и письменной коммуникации.

3. Тренды

Интенсивность межнациональных контактов и пересечений, вызванная глобализацией. Изучение актуальных тенденций в культуре, науке, искусстве, технологии. Разнообразие и различия трендов в современном мире Анализ влияния изменений разного рода на повседневную и профессиональную жизнь. Модернизация и вестернизация: исторические предпосылки, влияние, обоснованность. Современное искусство, использование новых материалов и технологий. Экосистемы. Зеленые практики, определяющие бизнес культуру. Новые социальные медиа-платформы, оказывающие влияние на массовую культуру. Медицина будущего. Обсуждение многообразия современного мира – строительство, взаимодействие, искусство, и т.д. Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: обсуждать прогрессивные изменения тенденций в мировом масштабе; обмениваться мнением о техническом прогрессе и его влиянии на общество; осуществлять взаимодействие в группе при обсуждении тенденций в науке, инженерии, медицине; принять участие в учебной конференции с докладом; обсуждать в малых группах аспекты явления «Переосмысление ценностей» и его влияния на общество.

4. Общество

Идентичность и автономность человека в современном мире. Наука и общество. Социальные проблемы: преступность, изолированность, напряженность. Вызовы современного общества. «Общество риска» как социальное явление. Наука на благо общества: изобретения, проекты, открытия, упрощающие жизнь людей. Общество равных возможностей: достижимо ли и актуально ли. Обсуждение влияния глобализации на жизнь в развитых и развивающихся странах. Сравнение существующих проблем в разных частях света. Рассуждение в формате Case о влиянии отраслей индустрии на окружающую среду.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: представлять идеи в различных устных и письменных формах; участвовать в обсуждении глобальных проблем современности и выдвигать предложения по их разрешению; написать эссе-рассуждение о вызовах, с которыми сталкивается современное общество.

5. Естественные науки

Развитие разнообразных наук или история современного научного мировоззрения. Наука и технологии. Прорывные технологии. Наука и общество. Формирование научных направлений. Нобелевские лауреаты и их открытия. Перспективы развития отечественной науки. Особенности международного научного взаимодействия. Чтение формул, знаков.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: реферирования текста, аннотирования текста, описания процессов, описания графической информации, организация высказывания и использование соответствующих связок для его логического единства, использование конспекта или плана при предъявлении доклада, - поиск, оценка, анализ и синтез информации из разных источников, планирование текста, создание чернового варианта, его редактирование и написание чистового варианта. Учебная конференция.

6. Будущее

Общие предпосылки и проблемы человеческого развития. Перспективы развития образования. Общество будущего. Технологии будущего. Экологические проблемы и их решение в будущем. Искусственный интеллект, ГPT, Интернет вещей и их влияние на бытовую и профессиональную активность общества. Анализ экологических вызовов и проблем, связанных с изменением климата, загрязнением окружающей среды и утилизацией отходов. Размышление о различных сценариях будущего человечества, определяемых общественными, политическими и экономическими силами.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: освоение способов решения проблем творческого и поискового характера. Развитие умения предсказывать и прогнозировать будущее и анализировать влияние нашего настоящего на будущее. Обсуждение возможных путей создания устойчивого и благополучного будущего для человечества в формате круглого стола.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Астрофизика

Цель дисциплины:

изучение студентами основ современной теоретической астрофизики и космологии. Курс создает необходимую базу для дальнейшего углубленного изучения специальных разделов астрофизики.

Задачи дисциплины:

- знакомство студентов с современным состоянием, проблемами и ключевыми направлениями развития теоретической астрофизики;
- знакомство с основными достижениями наблюдательной астрофизики;
- изучение разделов теоретической физики, составляющих основу современной астрофизики.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- место и роль общих вопросов современной астрофизики в научных исследованиях;
- современные проблемы астрофизики;
- теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в задачах современной астрофизики и ее приложениях;
- новейшие открытия области астрономии и астрофизике.

уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты теоретической астрофизики: понятия, теории, гипотезы;
- представить панораму универсальных методов и законов современной астрофизики;
- работать на современном экспериментальном оборудовании;
- планировать оптимальное проведение эксперимента.

Владеть:

- планированием, постановкой и обработкой результатов астрофизического эксперимента;
- научной картиной мира;
- навыками самостоятельной работы;
- математическим моделированием астрофизических задач.

Темы и разделы курса:

1. Введение. Основные понятия. Пространственно-временные масштабы в астрофизике. Параметры звезд.

Масштабы изменения и единицы измерения расстояний. Интегральные характеристики звезд: масса, светимость, температура поверхности, вариации химического состава, время жизни на главной последовательности. Звездные величины. Спектральная классификация звезд.

2. Космология.

Реликтовое излучение. Расширение Вселенной. Закон Хаббла. Модель расширения (классическая механика). Модели Фридмана. Теория Большого взрыва. Космологическая инфляционная модель. Уравнения ОТО. Космологическая постоянная. Хронология эволюции Реликтовое излучение. Расширение Вселенной. Закон Хаббла. Модель расширения (классическая механика). Модели Фридмана. Теория Большого взрыва. Космологическая инфляционная модель. Уравнения ОТО. Космологическая постоянная. Хронология эволюции Вселенной. Гравитационная неустойчивость (Джинса).

3. Элементы теории тяготения. Механическое равновесие звезд.

Векторное поле ускорений. Теорема Гаусса. Гравитационный потенциал. Уравнение Пуассона. Сферически-симметричное поле тяготения. Эйлеровы и лагранжевы координаты. Энергия гравитационного взаимодействия. Уравнение равновесия звезды. Теорема вириала. Оценки центрального давления и средней температуры звезды.

4. Уравнение состояние звездного вещества.

Давление газа. Основы термодинамики звезд. Политропные модели. Стандартная звезда Эддингтона. Уравнение состояние звездной плазмы. Кулоновские поправки. Условие идеальности плазмы.

5. Перенос излучения в звездах.

Кинетика фотонов. Тепловое излучение. Функция Планка. Абсолютно черное тело. Закон излучения Кирхгофа. Феноменологический вывод уравнения переноса в приближении лучистой теплопроводности. Уравнение переноса излучения в случаях чистого рассеяния и поглощения. Томпсоновское рассеяние. Эддингтоновская светимость. Тормозное излучение. Коэффициент теплопроводности. Росселандово среднее.

6. Система уравнений строения звезды.

Полная система уравнений. Обобщение на нестационарный случай. Характерные времена. Конвекция. Условия возникновения и последствия конвекции. Адиабатическая конвекция. Стандартная модель звезды Эддингтона. Решение для поверхностных слоев звезды.

7. Ядерные реакции. Эволюция состава звезд.

Характеристики ядерных сил. Скорость ядерных реакций. Подбарьерный переход. Реакции водородного цикла. CNO-цикл. Горение гелия. Термоядерная эволюция звезды.

8. Эволюция звезд. Конечные стадии. Остатки эволюции.

Звезды главной последовательности. Качественная картина эволюции звезды. Конечные стадии эволюции. Вырождение вещества. Нейтронизация вещества. Физика коллапса. Вспышки сверхновых. Остатки звездной эволюции. Белые карлики, нейтронные звезды, черные дыры.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Астрохимия

Цель дисциплины:

Предлагаемый курс направлен на приобретение студентами различных специальностей основ физико-химических знаний о строении и динамике межзвездного и околозвездного вещества, а также использовании этих знаний при решении специализированных астрофизических задач, таких как динамика межзвездной среды, процессы образования звезд и планет, анализ планетных атмосфер, комет и околозвездных газопылевых оболочек.

Задачи дисциплины:

Сформировать у слушателей базовые представления о физике и химии межзвездной среды. Основное внимание уделяется изучению молекулярных спектров, устройству космических мазеров, спектроскопическим методам определения параметров межзвездной среды, взаимодействию молекул с полем излучения, синтезу органических молекул в протозвездном и протопланетном веществе.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Основные принципы астрономических наблюдений, типы астрономических объектов, химические процессы, протекающие в межзвездной среде. Иметь представления о сценарии звездообразования и о способах изучения химического состава космических объектов.

уметь:

Пользоваться профессиональной литературой по астрохимической тематике. Проводить качественную оценку физических и химических параметров заданных астрономических объектов.

владеть:

Астрохимической терминологией и ресурсами, предоставляющими научную информацию по предмету.

Темы и разделы курса:

1. Молекулы во Вселенной

Различные астрономические объекты и их основные свойства. Межзвёздные облака, звёзды, галактики, скопления галактик, Вселенная. Спектроскопические наблюдения в астрономии и их связь с физическими свойствами объектов и с их химическим составом.

2. Методы исследования межзвёздной и околозвёздной среды

Тепловое и нетепловое излучение. Механизм формирования спектральных линий. Линии молекул в различных диапазонах электромагнитного спектра. Наблюдение линий излучения молекул в межзвёздной среде.

3. Инструменты наблюдения межзвёздной и околозвёздной среды

Фотометрические и спектроскопические наблюдения. Оптические схемы и принцип работы телескопов в различных диапазонах. Наземные и космические телескопы. Основные обсерватории и инструменты, используемые для наблюдения межзвёздной среды.

4. Происхождение химических элементов

Распространённость химических элементов в различных объектах: тело человека, Земля, Солнце, Солнечная система, звёзды, Вселенная. Первичный нуклеосинтез. Термоядерный синтез как источник энергии звёзд.

5. Синтез элементов в звёздах

Цепочки термоядерных реакций в звёздах различной массы. Взрывы сверхновых. Финал эволюции звёзд и объекты, образующиеся в результате эволюции звёзд в зависимости от массы. Химическая эволюция Галактики.

6. Межзвёздная пыль

Фазовые состояния и компоненты межзвёздной среды. Пыль как источник межзвёздного поглощения. Кривая межзвёздного поглощения и её описание с помощью различных моделей пыли. Другие компоненты межзвёздной среды.

7. Излучение межзвёздной среды

Межзвёздное поле излучения. Перенос излучения в межзвёздной среде. Оптические свойства среды; излучение, поглощение, рассеяние света. Примеры астрономических объектов с различными свойствами. Нагрев и охлаждение среды излучением, механизм возбуждения излучения в спектральных линиях.

8. Физические условия в межзвёздной среде

Фазовые состояния межзвёздной среды: горячий корональный газ, тёплая ионизованная среда, холодная ионизованная среда, молекулярные облака. Распределение межзвёздного газа в Галактике и в окрестности Солнца. Параметры межзвёздной среды, существенные для астрохимии.

9. Молекулы и пыль во Вселенной

Молекулы в звёздах и межзвёздной среде. Мазерное излучение. Образование пыли в оболочках проэволюционировавших звёзд, разрушение пыли сверхновыми. Баланс пыли в межзвёздной среде, эволюция пыли.

10. Астрохимия

Состав молекулярных облаков. Молекулы в газовой фазе. Типы реакций в межзвёздной среде. Основные химические реакции, включающие углерод, кислород, азот. Моделирование химических реакций в межзвёздной среде, система уравнений химической кинетики и способы её интегрирования. Данные о скоростях химических реакций в межзвёздной среде, базы данных химических реакций.

11. Общий сценарий звездообразования

Сценарий звездообразования: гравитационная неустойчивость Джинса, коллапс молекулярного облака. Численные модели образования звёзд. Основная модель звездообразования, роль турбулентности и магнитного поля. Молекулы как индикатор состояния межзвёздной среды, форма спектральных линий, химический возраст молекулярных облаков.

12. Звездообразование в Галактике

Начальная функция масс и темп звездообразования в Галактике. Звездообразование в других галактиках. Закон Кенниката--Шмидта. История звездообразования во Вселенной.

13. Планетообразование

Структура планетной системы, типы объектов в планетных системах. Классификация планет Солнечной системы. Химический состав астероидов, комет и атмосфер планет. Протопланетные диски. Основные сценарии образования планет: гравитационная неустойчивость, аккреция на ядро.

14. Экзопланеты

Наблюдение экзопланет, методы обнаружения. Химический состав атмосфер экзопланет и способы его излучения. Эволюция планетных систем. Рождение Солнечной системы, сравнение её с другими планетными системами.

15. Эволюционный сценарий для Солнечной системы

Рост пылинок в протосолнечной туманности. Ранняя Солнечная система: модель Большого поворота, модель из Ниццы. Общие закономерности образования планетных систем. Зарождение жизни, зона обитаемости. Астробиология.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Атомная спектроскопия

Цель дисциплины:

- освоение студентами навыков фундаментальных и прикладных расчетов в области атомной спектроскопии и смежных областях.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области структуры атомных спектров в невозмущенных атомах, а также атомах во внешних полях. Закрепление у студентов базовых знаний в области квантовой физики (решение уравнения Шредингера в кулоновском поле, теория углового момента, взаимодействие атома с внешним полем)

- обучение студентов основным принципам и методам атомной спектроскопии, используемым в современной физике, изучение базовых принципов формирования атомных спектров и взаимодействия атомов с внешними полями. Глубокое изучение отдельных глав атомной спектроскопии (эффекты Зеемана и Штарка). Обсуждение применений атомной спектроскопии.

- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области атомной спектроскопии в рамках выпускных работ на степень бакалавра.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- уравнение Шредингера для центрального поля, основные методы расчета волновых функций, структуру энергетических уровней одно- и многоэлектронных атомов, влияние внешнего электрического и магнитного поля на структуру атомных спектров, уравнение Дирака, понятие Лэмбовского сдвига.

уметь:

- выполнять расчет структуры атомных спектров, расчет сдвигов уровней в магнитном и электрическом поле, выводить основные уравнения теории.

владеть:

- методами расчета и описания атомных спектров одно- и многоэлектронных атомов, в том числе, в присутствии внешних полей.

Темы и разделы курса:

1. Атом водорода.

Введение. Модель Бора. Спектральные закономерности. Особенности кулоновского потенциала. Уравнение Шредингера. Радиальные и угловые волновые функции. Размерности, масштабирование. Вводное описание роли релятивистских поправок, сверхтонкого расщепления, лэмбовского сдвига.

2. Центральное поле.

Приближение центрального поля. Уравнение Шредингера. Радиальные функции, асимптотика. Уровни энергии. Элементы теории самосогласованного поля. LS- и JJ связь. Термы. Термы систем эквивалентных и неэквивалентных электронов. Правило Гунда. Правило интервалов Ланде.

3. Тонкое расщепление.

Неорганические сцинтилляторы.

Органические сцинтилляторы.

Сбор света.

Фотодетекторы.

Лабораторные работы «сцинтилляционный счетчик с органическим сцинтиллятором» и «детектирование гамма-квантов с помощью кристалла NaI».

4. Атомы щелочных элементов и гелия.

Спектры щелочных атомов. Сериальные закономерности. Квантовый дефект. Спектры орто- и пара-гелия. Двухэлектронная волновая функция. Сравнение спектров орто- и паргелия.

5. Эффекты ядра. Сверхтонкое расщепление. Изотопический сдвиг. Эффект объема.

Сверхтонкое расщепление. Вклад магнитного момента и электрического квадрупольного момента. Изотопический сдвиг. Учет коррелированного движения электронов. Сдвиг энергии уровней, связанный с конечными размерами ядра. Определение радиуса протона. Мюонные атомы. Проблема постоянной Ридберга.

6. Элементы теории углового момента.

Элементы теории углового момента. Сложение двух моментов. Симметрии пространства. Оператор бесконечно малого поворота. Коммутатор вектора с моментом. Собственные функции момента, матричные элементы. Задача сложения моментов. LS-связь и jj-связь.

Переход от одного типа связи к другому, коэффициенты Клебша-Гордана. Сложение трех моментов. $6-j$ символы Вигнера, их свойства, примеры.

7. Правила отбора.

Четность. Правила отбора для электрического дипольного излучения. Разложение поля по мультиполям. Правила отбора для мультипольного излучения. Относительные интенсивности.

8. Эффект Зеемана.

Атом во внешнем магнитном поле. Оператор магнитного момента, гиромагнитное соотношение (g -фактор). g -Фактор в случае LS и jj связи. Одновременный учет эффекта Зеемана и сверхтонкого расщепления, формула Брейта-Раби. Линейный и нелинейный эффект Зеемана. Примеры.

9. Эффект Штарка.

Эффект Штарка. Атом во внешнем электрическом поле. Оператор взаимодействия. Случай двухуровневого атома. Квадратичный и линейный эффект Штарка. Эффект Штарка при наличии вырожденных уровней. Перемешивание уровней, время жизни $2s$ уровня в атоме водорода. Эффект Штарка в переменном поле. Оптическая дипольная ловушка.

10. Уравнение Дирака.

Вывод релятивистски-инвариантного уравнения Дирака. Биспинорные функции. Точное решение, тонкое расщепление в атоме водорода. Предсказание существования позитрона.

11. Лэмбовский сдвиг.

Понятие лэмбовского сдвига, разложение по альфа. Введение в диаграммную технику, однопетлевые поправки – собственная энергия, поляризация вакуума. Многопетлевые поправки. Поправки отдачи. Поправки на конечный размер ядра. Масштаб, скалирование по Z , альфа.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Атомная спектроскопия

Цель дисциплины:

- формирование у студентов базовых знаний по физическим свойствам и спектрам атомов, в первую очередь, по структуре энергетических уровней и симметрии атомных систем, а также, знакомство студентов с последними достижениями в этой области и смежных областях.

Задачи дисциплины:

- освоение студентами базовых знаний в области квантовой физики и физики атомов, формирование у них научной культуры, исследовательских навыков и способности применять полученные знания на практике. Понимание структуры энергетических уровней многоэлектронных атомов и ионов и основных фундаментальных процессов.

- обучение студентов основным методам и принципам атомной физики и спектроскопии, изучение основных принципов формирования атомных спектров в разных физических ситуациях. Знакомство с основными применениями атомной спектроскопии.

- применение методов квантовой механики для описания атомных структур.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- классификацию структуры энергетических уровней атомов и ионов

уметь:

- оценивать численные величины, характеризующие энергетическую структуру атомов и ионов

владеть:

- основными понятиями теории атома

Темы и разделы курса:

1. Вводная лекция

Исторический обзор. Теория Бора – Зоммерфельда. Основные понятия квантовой механики.

2. Атом водорода

Решение уравнения Шредингера для электрона в кулоновском поле. Структура волновой функции. Вывод формулы Бальмера.

3. Тонкая структура уровней водорода

Релятивистские поправки к энергиям водородных уровней. Спин – орбитальное взаимодействие. Прецессия Томаса. Лэмбовский сдвиг.

4. Водородоподобные системы

Многозарядные водородоподобные ионы. Экзотические атомы. Щелочные атомы. Квантовый дефект.

5. Многоэлектронные атомы. Приближение центрального поля

Проблема численного расчёта уровней энергии. Модель Томаса – Ферми. Сложение моментов, коэффициенты Клебша – Гордана. Понятие схемы связи.

6. Многоэлектронные атомы. LS связь

LS связь для двух электронов. Построение волновой функции для неэквивалентных и эквивалентных электронов. Метод Слэттера. Примеры расчётов с помощью метода Слэттера.

7. Тонкая структура атомных уровней

Спин – орбитальное взаимодействие в сложных атомах, мультиплетная структура. Сверхтонкая структура. Изотопические сдвиги.

8. Многоэлектронные атомы. LS связь для более чем двух электронов

Генеалогическая схема, число сеньорити. JJ связь. Промежуточная связь. Неоднородные связи.

9. Взаимодействие конфигураций

Явления, связанные с нарушением одноконфигурационного приближения - нарушение порядка следования уровней, «двух электронные» переходы, возмущения серий. Разбор работы U.Fano, Effects of Configuration Interaction on Intensities and Phase Shifts. Phys. Rev., v.124, N6, (1961). Автоионизация.

10. Рентгеновские спектры

Понятие рентгеновских термов и характеристического излучения. Рентгеновские спектры многозарядных ионов. Поглощение рентгеновского излучения. Источники.

11. Эффект Зеемана

Теория аномального эффекта Зеемана, эффект Пашена – Бака. Применение эффекта Зеемана для измерения Лэмбовского сдвига. Применение эффекта Зеемана для измерения магнитного поля.

12. Эффект Штарка

Квантовая механика линейного и квадратичного эффекта Штарка. Полевая ионизация. Параболические координаты. Применение эффекта Штарка для диагностики плотности плазмы.

13. Интенсивность спектральных линий

Взаимодействие атома со световой волной в рамках полуклассической картины. Сила осциллятора. Измерение силы осциллятора методом крюков Рождественского. Излучение горячей плазмы. Beam – foil спектроскопия.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Безопасность жизнедеятельности

Цель дисциплины:

- формирование у студентов общекультурных и общепрофессиональных интегральных компетенций и конкретных знаний умений и навыков в сфере безопасности жизнедеятельности, включая, вопросы безопасного взаимодействия человека с природной и техногенной средой обитания и вопросы защиты человека от негативных факторов чрезвычайных ситуаций.

Задачи дисциплины:

- знакомство студентов с теоретическими основами и практическими вопросами обеспечения безопасности жизнедеятельности;
- формирование у студентов представлений о психологической безопасности, психологических угрозах и когнитивных искажениях;
- освоение студентами подходов к противодействию психологическим угрозам, работе со стрессом и коммуникативными манипуляциями;
- освоение студентами базовых знаний в области физического здоровья и здоровья мозга;
- развитие у студентов представлений о связях и возможностях использования гуманитарных, социальных, экономических и естественнонаучных, качественных и количественных подходов и методов при анализе и решении задач обеспечения БЖД.
- формирование представлений у студентов о связи своей профессиональной деятельности и задач обеспечения БЖД;
- формирование у студентов представлений о значимости личной жизненной позиции и индивидуального поведения для обеспечения индивидуальной и коллективной безопасности, в том числе для обеспечения безопасности социума, включая такой актуальный аспект, как противодействие коррупции, терроризму и экстремизму.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- психологические основы обеспечения безопасности жизнедеятельности, включающие в себя работу с психологическими угрозами, стрессовыми состояниями и построению безопасной коммуникации с социумом;

- ключевые аспекты здорового образа жизни, понятия о системах организма и способах их укрепления и развития;
- правовые и экономические понятия обеспечения безопасности жизнедеятельности граждан Российской Федерации, в том числе государственной молодёжной политики и правовых отношений в области науки и высоких технологий;
- государственную политику, государственные структуры и систему мероприятий в области обеспечения безопасности жизнедеятельности, правила поведения в чрезвычайных ситуациях и оказания первой помощи при несчастных случаях, авариях, чрезвычайных ситуациях и террористических актах;
- основные положения общевоинских уставов ВС РФ; организацию внутреннего распорядка в подразделении;
- общие сведения о ядерном, химическом и биологическом оружии, средствах его применения;
- правила поведения и меры профилактики в условиях заражения радиоактивными, отравляющими веществами и бактериальными средствами;
- назначение, номенклатуру и условные знаки топографических карт; основные способы и средства оказания первой медицинской помощи при ранениях и травмах.

уметь:

- самостоятельно оценивать собственное психологическое состояние, диагностировать когнитивные искажения и стрессовые состояния, выработать копинговые стратегии;
- осознанно подходить к вопросам индивидуального здорового образа жизни, продумывать безопасные индивидуальные тренировочные режимы и рационы питания;
- анализировать социоэкономические процессы с точки зрения прав и обязанностей гражданина РФ и студента ВУЗа;
- принимать обоснованные управленческие и организационные решения и совершать иные действия в точном соответствии с законом, в том числе, в сфере противодействия коррупции, противодействия терроризму и экстремизму;
- правильно применять и выполнять положения общевоинских уставов ВС РФ;
- выполнять мероприятия радиационной, химической и биологической защиты.

владеть:

- принципами и основными навыками построения психологической безопасности, ведения безопасной межличностной коммуникации, распознавания социальных манипуляций;
- системным подходом к формированию аспектов здорового образа жизни;
- правовыми основами информационной безопасности и безопасности интеллектуально-правовых отношений;

- навыками принятия осознанных экономических решений, способами сохранения и грамотного использования капитала;
- принципами и основными навыками безопасного поведения в быту и при осуществлении профессиональной деятельности, в частности, при несчастных случаях, авариях, чрезвычайных ситуациях, коррупционных нарушениях и террористических актах;
- навыками применения индивидуальных средств РХБ защиты;
- навыками применения индивидуальных средств медицинской защиты и подручных средств для оказания первой медицинской помощи при ранениях и травмах.

Темы и разделы курса:

1. Введение в безопасность жизнедеятельности

Общие термины безопасности жизнедеятельности. Безопасность жизнедеятельности в комплексе: психологически, физиологический, правовой, экономический и социальный аспекты. Политика МФТИ в области обеспечения безопасности жизнедеятельности студентов и сотрудников. Структура органов управления МФТИ, их функции и полномочия.

2. Добро пожаловать на Физтех

История становления МФТИ как ведущего технического института России. Отцы-основатели Физтеха, развитие базовых кафедр, политика ректоров института. Особенности системы Физтеха как ключевого аспекта комплекса образования и науки в МФТИ.

3. Психологические угрозы

Понятие психологической безопасности. Типология психологических угроз. Угрозы общепсихологической природы. Когнитивные ошибки. Ошибки внимания и невнимания: дорожно-транспортные происшествия, авиакатастрофы, постановка диагноза в клинической практике, уличные кражи. Ошибки памяти: ложные свидетельства в суде, ложные воспоминания. Ошибки мышления: процессы принятия решений в судопроизводстве. Феномен ложных корреляций. Самосбывающиеся пророчества. Метакогнитивные ошибки: проблема оценки собственного и чужого профессионализма. Индивидуальные когнитивные искажения и их связь с общим психологическим благополучием личности. Приемы и техники для самонаблюдения и изменения собственных автоматических ошибочных суждений.

4. Социальные механизмы психологической безопасности

Социальное окружение как модератор психологической безопасности. Социальная сеть, социальная поддержка. Влияние социальной поддержки на психическое здоровье. Источники и возможности получения социальной и психологической поддержки в образовательных и муниципальных системах. Социальная фасилитация и социальная лень. Просоциальное поведение. Общественная и волонтерская деятельность, как способ самореализации и компенсации.

5. Ключевые аспекты здорового образа жизни. Основные понятия о системах организма.

Концепция здорового образа жизни - базовая терминология. Основные системы органов человека (краткое описание и функции) - пищеварительная, дыхательная, сердечно-сосудистая, эндокринная система, иммунная система, нервная, половая, лимфатическая, опорно-двигательная, покровная, кровеносная, система выделения, функциональная система. Пагубные привычки (курение, алкоголь, наркотики) - причины, профилактика, уровень пагубного воздействия на здоровье и качество жизни индивидуума. Факторы влияния вредных веществ на ДНК.

6. Личная гигиена человека

Понятие личной и общественной гигиены. Основные разделы личной гигиены: гигиеническое содержание тела (кожи, волос, полости рта, органов слуха, зрения, половых органов), гигиена индивидуального питания, гигиена одежды и обуви, гигиена жилища. Гигиенические принципы и методики повышения общей неспецифической резистентности организма. Личная гигиена в период инфекционных заболеваний. Резистентность к антимикробным препаратам.

7. Общевоинские уставы Вооруженных Сил Российской Федерации

Структура, требования и основное содержание общевоинских уставов.

Права военнослужащих. Общие обязанности военнослужащих. Воинские звания. Единоначалие. Начальники и подчиненные. Старшие и младшие.

Размещение военнослужащих. Распределение времени и внутренний порядок. Суточный наряд роты, его предназначение, состав. Дневальный, дежурный по роте. Развод суточного наряда.

Общие положения Устава гарнизонной и караульной службы. Обязанности разводящего, часового.

8. Основы тактики общевойсковых подразделений

Вооруженные Силы Российской Федерации, их состав и задачи. Тактико-технические характеристики (ТТХ) основных образцов вооружения и техники ВС РФ.

Основы общевойскового боя.

Основы инженерного обеспечения.

Организация воинских частей и подразделений, вооружение, боевая техника вероятного противника.

9. Радиационная, химическая и биологическая защита

Ядерное оружие. Средства его применения. Поражающие факторы ядерного взрыва и их воздействие на организм человека, вооружение, технику и фортификационные сооружения. Химическое оружие. Отравляющие вещества (ОВ), их назначение, классификация и воздействие на организм человека. Биологическое оружие. Основные виды и поражающее действие. Средства применения, внешние признаки применения.

Цель, задачи и мероприятия РХБ защиты. Мероприятия специальной обработки: дегазация, дезактивация, дезинфекция, санитарная обработка. Цели и порядок проведения частичной и полной специальной обработки. Технические средства и приборы радиационной, химической и биологической защиты.

Средства индивидуальной защиты и порядок их использования. Подгонка и техническая проверка средств индивидуальной защиты.

10. Основы медицинского обеспечения

Медицинское обеспечение как вид всестороннего обеспечения войск. Обязанности и оснащение должностных лиц медицинской службы тактического звена в бою. Общие правила оказания самопомощи и взаимопомощи. Первая помощь при ранениях и травмах. Первая помощь при поражении отравляющими веществами, бактериологическими средствами. Содержание мероприятия доврачебной помощи.

11. Безопасность социальной молодежной активности. Безопасность взаимодействия с органами государственной власти. Противодействие коррупции

Молодежная политика государства. Законные и незаконные формы молодежной активности. Участие в деятельности НКО как форма молодежной активности. Гражданское участие в местном самоуправлении. Правовые последствия участия студентов в несанкционированных мероприятиях и незаконных действиях в сети Интернет. Общая характеристика структуры и полномочий правоохранительных органов. Основы безопасного взаимодействия граждан с силовыми структурами.

12. Правовые основы информационной безопасности. Безопасность интеллектуально-правовых отношений

Правовое регулирование отношений, возникающих в сфере информации, информационных технологий и защиты информации. Государственная политика в области информационной безопасности. Основы правовой безопасности при осуществлении международного научного обмена и публикационной активности. Правовые основы и наиболее распространенные проблемы охраны интеллектуальной собственности. Правовой статус авторов как участников правоотношений, связанных с созданием объектов интеллектуальной собственности.

13. Финансовая грамотность как основа личной экономической безопасности

Рациональность и механизм принятия решений. Бюджет и финансовое планирование: доходы, расходы, активы и пассивы, финансовое планирование: сбережения, кредиты и займы. Расчеты и финансовое мошенничество. Фондовые и валютные рынки: их привлекательность и опасность. Страхование и снижение рисков.

14. Государственная политика РФ в сфере обеспечения безопасности, гражданской обороны и защиты населения и объектов экономики в условиях чрезвычайных ситуаций

Основные принципы обеспечения БЖД населения. Оценки рисков, основные концепции, пути, задачи и методы управления безопасностью. Алгоритмы обеспечения личной безопасности и алгоритм общей схемы действий государственных систем безопасности. Критерии, определяющие уровень безопасности.

Чрезвычайные ситуации: фазы развития, поражающие факторы источников чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и военного характера и их характеристики. Классификация стихийных бедствий и природных катастроф. Природные и техногенные ЧС в России. ЧС военного времени.

Законодательная основа обеспечения БЖД населения. Организационная основа обеспечения БЖД населения. Обеспечение технологической безопасности и охраны труда,

гражданской обороны и защиты населения и объектов экономики в условиях чрезвычайных ситуаций. Основы организации и основные методы и способы защиты. производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий и ЧС военного характера. Сигналы оповещения. Защитные сооружения и их классификация. Организация эвакуации населения и персонала из зон чрезвычайных ситуаций. Мероприятия медицинской защиты. Средства индивидуальной защиты и порядок их использования. Государственные структуры и программы в области обеспечения безопасности и социально-экономического развития России.

15. Государственная политика РФ в сфере противодействия экстремизму и терроризму

Терроризм как политическое, как социально-экономическое явление, как инструмент достижения определённых политических и экономических целей и террористический акт как конкретное преступление. Исторические, идеологические и организационные аспекты возникновения и развития терроризма как серьёзнейшей угрозы современной цивилизации, экстремизм и терроризм. Социальные, экономические, политические и идеологические черты и особенности современного терроризма.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Биология клетки

Цель дисциплины:

- формирование базовых знаний по клеточной и молекулярной биологии и понимания фундаментальных физико-химических и биологических процессов, происходящих в живой клетке, для их последующего использования в более детальном изучении других биологических и биохимических дисциплин;
- формирование биологической культуры и способностей практического применения биологических знаний.

Задачи дисциплины:

- сформировать базовые знания по клеточной и молекулярной биологии;
- сформировать понимание фундаментальных физико-химических и биологических процессов, происходящих в живой клетке, понимания взаимодействия клеток, результатов этого взаимодействия, а также возможных дисфункций как отдельных клеточных процессов, так и их совокупности;
- сформировать биологическую культуру: привить знания основных понятий клеточной биологии, принципов устройства и состава клетки; ознакомить с методами изучения клеток и их макромолекул, научить грамотно ставить и формулировать вопросы при изучении биологических дисциплин как теоретической, так и практической направленности;
- сформировать умения и способствовать развитию навыков применять полученные знания при самостоятельной, в том числе научно-исследовательской, работе, решении задач, а также анализе полученных результатов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия и определения клеточной биологии;
- типы клеток, их сходство, особенности и различия;
- основные клеточные органеллы, их строение и функции, патологии, связанные с дисфункциями органелл;
- способы размножения клеток, клеточный цикл;

- клеточные транспорт, системы клеточного транспорта, молекулярные механизмы процесса;
- системы клеточной рецепции и сигнализирования;
- взаимодействие клеток на примере иммунитета и канцерогенеза.

уметь:

- работать с научной литературой биологической тематики, в том числе научными статьями и обзорами,
- грамотно формулировать экспериментальную задачу, предлагать идеи для ее решения, а также предполагать возможные результаты и анализировать фактические результаты.

владеть:

- знаниями о теоретических основах экспериментальных методик и манипуляций с клетками, а также основными макромолекулами клетки (белки, нуклеиновыми кислотами).

Темы и разделы курса:

1. Клетка – элементарная единица живого

1.1. Современная клеточная теория, эволюция многоклеточных организмов

1.1.1 Клетка – элементарная единица живого. Предмет клеточной биологии. Клеточная теория. Домены жизни.

1.1.2 Гомологичность клеток, универсальность способов хранения и передачи наследственной информации

1.1.3 Прокариоты и эукариоты. Возникновение эукариот.

1.1.4 «Всякая клетка от клетки». Клетка и многоклеточный организм. Тотипотентность клетки.

1.1.5 Методы клеточной биологии для изучения фиксированных и живых клеток.

1.2. Химический состав клетки

1.2.1 Углерод и его соединения как основной клеточный компонент. Вода и ее роль в клетке.

1.2.2 4 основных типа макромолекул, составляющих клетки.

1.2.3 Липиды.

1.2.4 Углеводы.

1.2.5 ДНК и РНК.

1.2.6 Типы, структура и функции белков.

1.3. Центральная догма молекулярной биологии

1.3.1 Матричные процессы в клетке

1.3.2 Нуклеоид, ядро. Хромосомы.

1.3.3 Коротко о клеточном цикле

1.3.4 Процессы репликации и транскрипции про- и эукариот.

1.3.5 Ядрышко – источник рибосом. Рибосомы. Биосинтез белка. Особенности трансляции у про- и эукариот. Прионы.

2. Компарментализация, мембранные белки

2.1. Компарментализация клетки, отличия прокариот и эукариот

2.1.1 Прокариоты, эукариоты: сходства и отличия. Компарментализация клетки.

2.1.2 Клеточные органеллы. Мембранные и немембранные органеллы.

2.1.3 Клеточная мембрана. Липидный бислои - основа клеточной мембраны. Мозаичная модель

2.1.4 Клеточная стенка бактерий.

2.1.5 Латеральная подвижность липидов и белков мембран. Асимметричность клеточных мембран. Связь мембран с цитоплазматическими белками.

2.2. Мембранные белки и их роль

2.2.1 Мембранные белки как обязательный компонент биомембраны. Типы мембранных белков.

2.2.2 Плазматическая мембрана клетки. Барьерно-транспортная роль плазмалеммы.

2.2.3 Трансмембранный перенос ионов и низкомолекулярных соединений.

2.2.4 Активный мембранный транспорт. Ионные каналы и электрические свойства биомембран.

2.2.5 Возбудимые клетки и ткани

3. Клеточные органеллы

3.1. Эндоплазматический ретикулум (ЭПР)

3.1.1 Вакуолярная система внутриклеточного транспорта (ядерная оболочка, ЭПР, АГ и др).

3.1.2 Шероховатый (гранулярный) ЭПР. Транспорт водорастворимых белков. Синтез и транспорт мембранных белков.

3.1.3 Синтез клеточных мембран и про- и эукариот. Гладкий (агранулярный) ретикулум

3.2. Аппарат Гольджи

3.2.1 Пероксисомы. Лизосомы

3.2.2 Аппарат Гольджи. Строение. Секреторная функция. Модификация и сортировка белков

3.2.3 Транспорт из ЭПР через аппарат Гольджи и далее по сети лизосом. Эндоцитоз. Экзоцитоз.

3.3. Митохондрии и клеточный метаболизм

3.3.1 Митохондрии – строение и функции. Митохондриальный геном.

3.3.2 Клеточное дыхание. АТФ-синтаза, её структура и принцип работы.

3.4. Цитоскелет

3.4.1 Цитоскелет и его функции. Самоорганизация и динамическая структура. Филаменты, входящие в состав цитоскелета. Тубулины, MAP-белки. Моторные белки.

3.4.2 Актмиозиновые комплексы. Мышечные клетки, саркомер, модель скользящих нитей.

4. Деление и гибель клеток

4.1. Клеточный цикл

4.1.1 Клеточный цикл. Регуляция клеточного цикла. Контрольные точки клеточного цикла.

4.1.2 Митоз, стадии митоза, молекулярные механизмы митоза. Типы митоза у эукариот.

4.1.3 Мейоз

4.2. Нарушения клеточного деления.

4.2.1 Контроль клеточного деления и роста. Примеры митогенов и их работы.

4.2.2. Остановка и повреждения клеточного деления.

4.3. Клеточная гибель

4.3.1 Апоптоз и некроз. Роль митохондрий и цитохрома С в программируемой клеточной гибели. Ингибиторы апоптоза.

4.3.2 Маркеры апоптоза, каспазы. Внешний путь активации апоптоза. Внутренний путь активации апоптоза.

5. Иммуитет

5.1. Основные понятия иммунологии

5.1.1 Врожденный и приобретенный иммунитет, клеточный и гуморальный.

5.1.2 Клетки и органы иммунной системы. Микробиота.

5.2. Механизмы иммунитета

5.2.1 Принципы иммунного распознавания. Рецепторы системы врождённого иммунитета. Дендритные клетки (антиген-презентирующие клетки), процессинг антигена.

5.2.2 Молекулы МНС, их вариации.

5.2.3 Система комплемента.

5.3. Канцерогенез. Иммунная терапия рака.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в астрономию

Цель дисциплины:

Целями курса "Введение в астрономию" являются: освоение студентами фундаментальных знаний в области астрономии, изучение ее приложений, формирование исследовательских навыков.

Задачи дисциплины:

В задачи дисциплины входят: совершенствование способностей количественной оценки основных физических величин; формирование подходов к выполнению студентами исследований в разных областях астрономии и самостоятельному анализу полученных результатов; развитие умения применять полученные знания на практике.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Основные структурные элементы космического аппарата и их назначение, основные этапы разработки космической техники, основные этапы разработки научной аппаратуры на примере плазменных анализаторов. Иметь представление о базовых алгоритмах анализа данных в приложении к космическим исследованиям.

уметь:

Пользоваться профессиональной документацией к приборам. Анализировать космические системы в рамках исследований в области космической плазмы. Проводить качественную и количественную оценку алгоритмов анализа данных.

владеть:

Технической терминологией.

Темы и разделы курса:

1. Предмет астрономии

Предмет астрономии. Разделы астрономии. Этапы развития астрономии. Особенности астрономических исследований. Современное состояние астрономии.

2. Солнце и Солнечная система

Солнце. Солнечная система. Общие сведения о Солнечной системе: ее основные характеристики и состав. Планеты: земная группа, планеты-гиганты. Кольца и спутники планет. Малые планеты. Астероиды, кометы, метеоры. Характерные расстояния в Солнечной системе. Правило Тициуса-Боде. Пояс астероидов. Пояс Койпера. Облако Оорта. Единицы измерения расстояний в астрономии. Принципы определения размеров Земли.

3. Элементы небесной механики

Небесная механика. Конические сечения: эллипс, гипербола, парабола. Законы Кеплера (с выводом). Зависимость траектории движения тела от начальной скорости. Предполагается, что со следующим материалом студенты уже ознакомились в курсе общей физики. Задача двух тел. Основные уравнения движения. Относительное движение. Приведенная масса. Барисентр. Интеграл площадей в задаче двух тел. Интеграл энергии в задаче двух тел. Типы траекторий в задаче двух тел. Свойства эллиптической орбиты.

4. Вычисление расстояний до звезд

Первый замечательный предел. Годичный параллакс. Парсек. Вычисление расстояний до звезд. Небесная сфера. Созвездия. Большой и малый круги. Элементы небесной сферы. Точки равноденствий и солнцестояний. Эклиптика. Видимое годичное движение Солнца среди звезд. Прецессия земной оси, предварение равноденствий.

5. Системы небесных координат

Сферическая система координат. Системы небесных координат. Вторая экваториальная система координат. Склонение, прямое восхождение. Эпоха. Горизонтальная система координат. Явления, связанные с вращением Земли вокруг своей оси. Маятник Фуко. Расстояние до видимого горизонта. Суточное движение светил.

6. Системы небесных координат - 2

Полос мира, его высота над горизонтом. Особенности вращения Земли и видимого движения звезд на небе. Восход и заход светил. Движение небесных светил в умеренных широтах, на экваторе и на полюсах. Координаты небесных светил в кульминациях. Первая экваториальная система координат. Часовой угол.

7. Движение планет

Видимое движение планет. Конфигурации. Историческая справка: роль Аристотеля, Птолемея, Коперника, Кеплера, Тихо Браге, Галилея, Ньютона в развитии астрономии. Геоцентрическая и гелиоцентрическая системы мира. Сидерический и синодический периоды обращения, связь между ними. Апокс Солнечной системы.

8. Определение времени

Понятие об астрономических способах определения времени. Звездное время. Солнечное время: истинное, среднее, поясное. Часовые пояса. Уравнение времени. Аналемма. Разница между солнечными и звездными сутками. Движение Солнца и сутки. Луна. Солнечное и лунное затмения. Синодический и сидерический месяцы. Земные приливы.

9. Календари

Смена времён года. Высота Солнца над горизонтом. Видимое годовое движение Солнца. Полярные круги и тропики. Полярные день и ночь. Сумерки. Белые ночи. Календарь. Юлианский и григорианский календари. Соотношения между датами по старому и новому стилю. Тропический и звездный год.

10. Спектры

Понятие частоты и длины волны. Шкала электромагнитных волн. Понятие спектра. Свет. Фотоны. Корпускулярно-волновой дуализм. Атомная физика, спектральные переходы. Прозрачность земной атмосферы в различных диапазонах электромагнитных волн. Прохождение света через атмосферу Земли. Рэлеевское рассеяние. Линзы. Аберрации. Строение человеческого глаза. Дифракционный предел. Назначение телескопа в астрономии. Оптические телескопы. Рефракторы и рефлекторы. Оптические схемы и типы montirovok. Светосила. Освещенность изображения протяженного и точечного объектов. Разрешающая способность. Радиотелескопы. Космические телескопы. Детекторы нейтрино и гравитационных волн.

11. Телескопы

Звезды. Химический состав звёзд. Спектральные линии. Реакции термоядерного синтеза. Основные характеристики звезд: светимость, масса, температура, радиус, наблюдаемые интервалы их значений. Солнце как звезда. Внутреннее строение. Структура атмосферы, активные образования в ней. Цикличность солнечной активности. Абсолютно черное тело, его спектр. Формула Планка, закон смещения Вина. Фундаментальные параметры звезд. Эффективная температура. Закон Стефана-Больцмана.

12. Фотометрия

Основные понятия фотометрии: поток излучения, интенсивность, освещенность, поверхностная яркость. Видимая звездная величина (блеск). Формула Погсона. Абсолютная звёздная величина. Понятие спектра. Эффект Доплера, красное смещение. Наблюдаемые спектры различных астрономических объектов.

13. Звезды

Спектральная классификация звезд. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела. Эволюция звезд на диаграмме Герцшпрунга-Рассела. Потеря массы на стадии гиганта. Продолжительность жизни звезды и конечные стадии эволюции. Вырожденные звезды: белые карлики, нейтронные звёзды. Пульсары. Чёрные дыры. Квазары. Сверхновые.

14. Галактики

Галактики, туманности и скопления. Понятие о космологии, ее наблюдательные основы. Оценки расстояний до ближайших галактик. Шкала расстояний в астрономии. Красное смещение. Закон Хаббла. Реликтовое излучение. Теория большого взрыва. Первичный нуклеосинтез. Расширение Вселенной. Тёмная материя. Тёмная энергия.

15. Понятие о космологии

Понятие "возраста" Вселенной. Понятие критической плотности.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в астрофизику частиц

Цель дисциплины:

Изучение современного состояния и методов астрофизики частиц, формирование базовых знаний на стыке физики элементарных частиц и астрофизики для дальнейшего использования в других областях современной теоретической и экспериментальной физики.

Задачи дисциплины:

освоение методов исследования элементарных частиц, в том числе гипотетических, с помощью астрофизических наблюдений;

знакомство с методами исследования астрофизических объектов с применением техники физики частиц (нефотонная астрономия).

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные методы нефотонной астрономии (нейтрино, космические лучи), астрономии очень высоких (свыше 100 ГэВ) энергий, возможные интерпретации астрофизических аномалий в терминах физики частиц.

уметь:

для заданного лагранжиана взаимодействия гипотетической частицы найти астрофизические объекты и процессы, в которых эта частица могла бы проявиться, и ограничить ее свойства из данных астрофизических наблюдений.

владеть:

методами астрофизики элементарных частиц.

Темы и разделы курса:

1. Введение: что и как изучает астрофизика частиц.

Предмет и методы астрофизики частиц, задачи курса. Пример: нейтрино от сверхновой 1987А. Модели взрывов сверхновых с коллапсирующим ядром и ограничения на модели элементарных частиц. Пример: Калуца-кляйновские гравитоны в моделях с большими дополнительными пространственными измерениями и ограничения из сверхновой 1987А.

2. Определение параметров астрофизических объектов.

Что могут и чего не могут современные астрономические инструменты.

Определение формы и угловых размеров объектов. Характерные угловые разрешения инструментов фотонной и нефотонной астрономии.

Определение расстояний до источников и линейных размеров. Шкала расстояний, открытие ускоренного расширения Вселенной («тёмная энергия»), современный «хаббловский кризис».

Определение масс и плотностей объектов. Пример: можем ли мы доказать, что в центре Галактики находится сверхмассивная черная дыра? Наблюдательные доказательства существования темной материи.

Оценка величин космических магнитных полей. Методы, не зависящие от электронной плотности. Способы одновременного определения электронной плотности и поля. Нетепловые излучения (синхротронное, обратно-комptonовское) и их применения для определения магнитных полей.

3. Звезды: строение и эволюция, ограничения на новую физику.

Внутреннее строение Солнца и обычных звёзд. Общие ограничения на новую физику из факта существования Солнца и звезд.

Горение звезд и их эволюция. Ограничения на новые частицы из звездной эволюции.

4. Нефотонная астрономия.

Нейтринная астрономия. Детектирование нейтрино. Астрофизические источники нейтрино. Солнечные нейтрино, гелиосейсмология и проблемы солнечных моделей.

Космические лучи (протоны и более тяжелые ядра). Галактические космические лучи. Антивещество в космических лучах низкой и средней энергии. Космические лучи высоких и сверхвысоких энергий, широкие атмосферные ливни.

Гравитационно-волновая астрономия: общие принципы, первые результаты, будущее.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в биологическую химию

Цель дисциплины:

формирование базовых знаний по органической химии биомолекул и понимания основных биохимических процессов, протекающих в живых клетках, для их последующего использования в более детальном изучении других биологических и биохимических дисциплин; формирование начальной биохимической культуры и способностей практического применения биохимических знаний.

Задачи дисциплины:

- освоение студентами базовых знаний в области биологической химии;
- формирование у студентов навыков самостоятельной работы со специальной научной литературой биологической направленности.
- формирование начальной биохимической культуры: привить понимание протекания основных процессов в живых системах;
- сформировать умения и способствовать развитию навыков применения полученных знаний при самостоятельной, в том числе научно-исследовательской, работе, решении задач, а также анализе полученных результатов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной биологической химии;
- молекулярные основы биохимических путей, их связь друг с другом, ключевые метаболиты живой клетки
- основные способы выделения, разделения и очистки компонентов клетки, современные методы их идентификации. Современные технологии модификации клетки и клеточных структур.
- основы рационального дизайна биохимического эксперимента.

уметь:

- ориентироваться в структурных формулах главных компонентов клетки (углеводы, в том числе полисахариды, аминокислоты, белки, нуклеотиды, нуклеозиды, нуклеиновые кислоты (ДНК, РНК), липиды, витамины, стероидные гормоны);
- применять полученные теоретические знания о экспериментальных подходах в биологической химии для решения конкретных экспериментальных задач
- соотносить теоретические знания с практическими наблюдениями
- работать с базовым лабораторным оборудованием, а также на современном (в том числе и уникальном) экспериментальном оборудовании;
- осуществлять простейшие операции по разделению и очистке биополимеров
- контролировать и фиксировать наблюдения и результаты физико-химического эксперимента в лабораторном журнале;
- давать объяснения наблюдаемым физико-химическим процессам,
- самостоятельно проводить количественные и качественные оценки результатов экспериментов

владеть:

- методами базовой валидации и статистической оценки результатов эксперимента
- культурой постановки и моделирования биологических задач;
- классическими методами разделения полимерных биомолекул с последующей интерпретацией полученных результатов
- навыками безопасной работы в биохимической лаборатории, включая работу с ядовитыми и канцерогенными веществами.
- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- навыками ведения лабораторного журнала, грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач.

Темы и разделы курса:

1. Общие вопросы химии живого. Аминокислоты и белки и их физико-химические свойства.

Общая химия аминокислот. Протеиногенные и непротеиногенные аминокислоты. Генетическая связь аминокислот с другими классами органических соединений. Возможность абиогенного синтеза аминокислот. Опыты Митчелла по воссозданию условий межпланетной среды. Общая химия основных реакций альфа-аминокислот (конденсация/гидролиз). Пептидная связь, её особенности и параметры. Важность стереоспецифичности аминокислот. Классы аминокислот, взаимодействия между

отдельными радикалами аминокислот в составе полипептида. Элементы организации структуры полипептида. Фолдинг белков. Основные варианты структуры белков. Биологическая роль способности белков к мультимеризации. Тепловая денатурация белка. Изoeлектрическая точка белка. Обратимая денатурация белка. Высаливание белка растворами сильных электролитов. Количественное определение белка методом прямой УФ-спектрометрии и с органическими красителями (метод Бредфорд).

Практическая часть: Нингидриновая реакция. Реакция на ароматические аминокислоты (ксантопротеиновая). Реакции на специфические аминокислоты (пролин, цистеин, аргинин). Синтез биурета из мочевины. Биуретовая реакция. Денатурация белков. Изoeлектрическая точка белков. Метод тонкослойной хроматографии, гель-электрофорез в полиакриламидном геле при денатурирующих условиях.

2. Биологический катализ. Ферменты. Константа Михаэлиса.

Возможность биологического катализа белками благодаря наличию упорядоченных самоорганизующихся структур и широкому выбору функциональных групп (радикалов аминокислот). Понятие о ферменте как о катализаторе белковой природы. Основные классы ферментов и катализируемые ими реакции. Термодинамика ферментативного катализа. Кинетика ферментативных реакций, методы исследования, активаторы и ингибиторы ферментов. Молекулярный механизм действия ферментов на примере уреазы. Денатурация белка, влияние pH, ионной силы и температуры на активность и специфичность ферментативных реакций. Каталитические антитела (абзимы). Ферменты небелкового происхождения (рибозимы, теломеразы). Коферменты и витамины.

Практическая часть: выделение и изучение кинетики пероксидазы из редиса. Определение константы Михаэлиса. Ингибирование

3. Методы исследования белков.

Основные методы выделения и характеристики белков и ферментов. Разделение белков по способности к обратимой агрегации под действием высокой ионной силы (высаливание). Принципы ионообменной хроматографии белков. Гель-фильтрация белков, применение исключительной хроматографии для определения олигомерного состояния белков. Денатурирующий и нативный электрофорез белков в полиакриламидном геле. Изoeлектрофокусирование. Методы протеомики (масс-спектрометрия белков, двумерный гель-электрофорез, и т. п.). Секвенирование белков и пептидов. Иммунологические методы исследования белков (вестерн-блоттинг, иммуноферментный анализ). Аффинная хроматография, хроматография по сродству фермента к субстрату и к ионам тяжёлых металлов, применение химерных доменов в белковой инженерии. Способы количественного определения белка.

4. Нуклеиновые кислоты. Процессы транскрипции и трансляции. Синтез белка. Методы исследования нуклеиновых кислот.

Центральная догма молекулярной биологии. Основной вектор информации, регуляция процесса экспрессии генов. Информационная РНК. Синтез и процессинг иРНК как способ регуляции количества и состава синтезируемых клеткой белков. Промоторы, механизм их действия. Модульная организация РНК-полимераз прокариот. Сигма-факторы, и другие

факторы транскрипции. Аттенируемые промоторы на примере промотора триптофанового оперона. Эхансеры транскрипции. Оперонная гипотеза Жакоба и Моно. Различия в биологии гена прокариот и эукариот. Моноцистронная и полицистронная организация. Механизм регуляции генов лактозного оперона. Антисмысловые РНК, возможность управления экспрессией генов посредством РНК-интерференции. Методы анализа экспрессии генов, транскриптомика. Создание и применение библиотек кДНК.

Практическая часть: горизонтальный электрофорез индикаторов. Выделение ДНК и горизонтальный гель-электрофорез.

5. Углеводы.

Важнейшие представители класса углеводов (моносахариды, дисахариды). Восстанавливающие и невосстанавливающие сахара. Кольчато-цепная таутомерия, оптическая изомерия сахаров. Полисахариды. Структурная роль углеводных компонентов клетки. Энергетические метаболиты на основе фосфорных эфиров глюкозы и фруктозы. Основные реакции углеводов: поликонденсация и гидролиз. Обзор гликолитического расщепления липидов до ацетил-КоА. Капсульные полисахариды бактерий, аминокислотные полисахариды. Иммунологические свойства полисахаридов. Лектины.

Практическая часть. Качественные реакции на моносахариды - реакция Селиванова на фруктозу. Реакция Троммера.

6. Липиды и жиры.

Липиды как важный структурный компонент клеточных мембран. Виды липидов, структура триглицеридов и липидов стероидной группы. Запасные липиды. Пигменты растений. Синтез высших жирных кислот. Генетическая взаимосвязь липидов и углеводов, отсутствие прямой роли этих классов соединений в наследовании признаков. Распад высших жирных кислот по механизму бета-окисления, органическая химия мобилизации алифатических радикалов.

7. Гликолиз и цикл трикарбоновых кислот.

Бродильный тип метаболизма углеводов. Возможность извлечения энергии путём анаэробного метаболизма субстратов. Гликолиз как базовый путь переработки глюкозы. Типы брожения (гомоферментативное, гетероферментативное), основные метаболиты гликолитического пути. Пировиноградная кислота как донор С₂-фрагмента – ацетильного производного коэнзима А. Дальнейшее расщепление ацетил-КоА по аэробному пути. Цикл трикарбоновых кислот. Промежуточные продукты ЦТК как сырьё для синтеза аминокислот. Получение АТФ клеткой при дыхании. Роль полученных в ЦТК восстановленных коферментов (NADH, NADPH, FADH₂). Цепь транспорта электронов. Превращение энергии электрохимического градиента протонов в энергию АТФ.

8. Метаболизм клетки.

Изучение метаболизма клетки.

9. Регуляция обменных процессов клетки.

Регуляция обменных процессов клетки. Интегративные функции метаболизма.

10. Внутриклеточная коммуникация.

Внутриклеточная коммуникация. Гормоны. Рецепторы. Каналы.

11. Возникновение и передача биоэлектрических сигналов.

Биохимия процессов возникновения и передачи биоэлектрических сигналов.

12. Нейрохимия.

Ацетилхолиновый рецептор. Адренергические рецепторы.

13. Избранные главы медицинской химии.

Биохимические основы патогенеза некоторых заболеваний человека.

14. Метаболизм азотистых соединений.

Биогенный цикл азота. Азотфиксация. Нитрогеназная реакция. Синтез аминокислот. Амфиболический обмен аминокислот, переаминирование. Реакции, катализируемые ферментами с тетрагидрофолатом. Сульфаниламидные антибиотики. Аминокислоты как нутриенты. Катаболизм азота и углеродного скелета аминокислот. Синтез пуринов и пиримидинов. Синтез нуклеотидов. Рибонуклеотидредуктазная реакция. Катаболизм нуклеотидов. Производные аминокислот: креатинин, эпинефрин, нейромедиаторы. Сопряжение обменов азотсодержащих соединений и магистрального метаболизма (ЦТК).

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в вакуумную и криогенную технику

Цель дисциплины:

Целями освоения дисциплины являются знакомство с простейшей элементной базой вакуумной и криогенной техники. Курс расширяет представление студентов о вспомогательном оборудовании, которое используется в современных лабораториях.

Задачи дисциплины:

- Развитие навыков планирования и подготовки научного эксперимента, навыков экспериментальной работы, а также обработки и представления получаемых экспериментальных результатов;
- подготовка к выполнению дипломных работ, требующих экспериментальную работу, связанную с фабрикацией и исследованием наноструктур и наноматериалов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

1. Способы получения низких и сверхнизких температур.
2. Способы получения и анализа вакуума.

уметь:

1. Самостоятельно искать и обрабатывать информацию, полученную из литературы.
2. Готовить и представлять доклады по заданной тематике.

владеть:

1. Современной терминологией и понятиями, которые используются в вакуумной и криогенной технике.

Темы и разделы курса:

1. Физические свойства ^4He и ^3He .

P-T диаграммы квантовых жидкостей ^4He и ^3He

Физические основы методов охлаждения путем понижения давления паров.

Ожижение гелия.

Свойства жидкого гелия. Сверхтекучесть.

Криостаты с жидким ^4He . Криостаты с жидким ^3He .

Устройство сосудов Дьюара и сифонов для переливания ^4He .

2. Методы измерений намагниченности. Основные свойства сверхпроводников (электрические и магнитные).

Методы измерений намагниченности (вращательный магнитометр, вибрационный магнитометр, кантилевер, на основе эффекта Холла, на основе эффект Керра).

Методы измерений магнитного поля.

Магнитометр с вращающимися катушками.

Холловский магнитометр.

ЯМР-магнитометр.

Основные свойства сверхпроводников (электрические и магнитные).

Термодинамика сверхпроводников.

Методы измерений магнитных свойств сверхпроводящих образцов.

Квантование магнитного потока.

3. Форвакуумные насосы. Высоковакуумные насосы. Вакууметры.

Форвакуумные насосы (пластинчато-роторный, спиральный, мембранный, Рутса).

Высоковакуумные насосы (турбомолекулярный, титановый сублимационный, ионно-разрядный).

Вакууметры: мембранный, Бурдона, тензо и пьезометрический.

Вакууметр термопарный, ионизационный, Пирани.

4. Методы получения высоких давлений.

Мультипликатор давления, гидравлический пресс.

Гидростатическая камера давлений.

Камера с алмазными наковальнями для создания сверхвысоких давлений.

Способы измерений давления (сопротивление манганина, температура сверхпроводящего перехода Sn, люминесценция рубина).

Применение алмазных камер.

5. Фотоэлектронная спектроскопия.

Фотоэлектронная спектроскопия с угловым разрешением (ARPES).

X-ray фотоэлектронная спектроскопия (XPS).

Физические основы фотоэффекта.

Микроканальная пластина.

ARPES с разрешением по спину.

ARPES с временным разрешением.

Источники УФ излучения.

Источники рентгеновского излучения.

6. Методы анализа состава материалов.

Методы анализа локального элементного анализа (EDS, WDS).

Методы анализа фазового состава материалов (XRD).

Рентгеновские методы анализа (XPS, EBCD).

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в вычислительную физику конденсированного состояния

Цель дисциплины:

изучение основных методов молекулярного моделирования: молекулярной динамики и Монте Карло с элементами многомасштабного моделирования.

Задачи дисциплины:

- освоение студентами базовых знаний в области молекулярного моделирования;
- приобретение теоретических знаний в области компьютерной физики;
- изучение простейших методов решения уравнений компьютерной физики и постановки задач численного моделирования физических явлений;
- оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных исследований в области молекулярного моделирования;
- освоение студентами базовых знаний для дальнейшего изучения методов и подходов молекулярной динамики.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- теоретические основы метода молекулярной динамики и метода Монте Карло;
- теоретические модели основополагающих процессов и явлений в молекулярной физике и ее приложениях;
- фундаментальные понятия, законы, теории классической равновесной и неравновесной статистической физики;
- порядки физических величин, характерные для классической молекулярной физики конденсированных сред;
- физические основы классических методов исследования структуры и свойств конденсированных фаз.

уметь:

- провести атомистическое моделирование выбранными вычислительными методами, сделать выводы из результатов моделирования;
- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических сред и процессов в них;
- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- осваивать новые предметные области и теоретические подходы;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотной обработки результатов компьютерных экспериментов и сопоставления с теоретическими данными.

Темы и разделы курса:

1. Атомистический взгляд на мир как мировоззрение и инструмент исследования

Вводная лекция. Эволюция атомистических представлений от Демокрита до середины 1950-х годов. Место атомистических представлений в науке двадцать первого века. Замысел атомистического моделирования. Классический метод молекулярной динамики. Примеры. Квантовое моделирование. Суперкомпьютеры. Суперкомпьютерное молекулярное моделирование.

2. Базовые понятия основных методов молекулярного моделирования: молекулярной динамики, Монте Карло и квантовой химии.

Молекулярное моделирование в физике, химии, биологии, инженерных науках и нанотехнологиях. Трудности перевода Modeling and simulation. Базовые понятия. Иллюстративные примеры их применения в таких задачах как кавитация в жидкостях, пластичность и разрушение кристаллических и нанокристаллических металлов, импульсный нагрев проводников, релаксация неидеальной плазмы, образование наноплазмы, динамика биомолекул, химических и биохимических реакций. Числа частиц до 10^5 - 10^{14} атомов. Многомасштабный подход.

3. Молекулярное моделирование и представления статистической физики.

Потенциалы межчастичного взаимодействия. Методы молекулярной динамики (ММД) и Монте Карло (ММК) как способы изучать реальные классические системы многих частиц из первых принципов: из уравнений Ньютона или гиббсовской вероятности. Принципиальные идеи ММД. Эргодическая гипотеза. Проблема возникновения необратимости. Принципиальные идеи ММК. Парные потенциалы взаимодействия. Неаддитивность. Потенциалы внедренного атома. Насыщение химических взаимодействий. Исключение вкладов связанных состояний.

4. Основы метода молекулярной динамики – часть 1.

Техника ММД. Численное интегрирование уравнений движения. Межчастичное взаимодействие. Граничные условия: периодические условия для однородных систем, поверхность, кластеры, биомолекулы и др. Начальные условия в стационарном и нестационарных случаях.

5. Основы метода молекулярной динамики – часть 2.

Способы оптимизации МД расчёта (обрезка потенциала, гран. условия, списки и др.). Исследование равновесных систем, выход на равновесие, критерии равновесия. Релаксация. Управляемая молекулярная динамика. Компьютерный эксперимент: модель и диагностика.

6. Основы метода молекулярной динамики – часть 3.

Выбор шага интегрирования (ограничения сверху по сохранению полной энергии, по крутизне потенциала взаимодействия, частотные ограничения), переменный шаг. Флуктуации полной энергии.

7. Требования к выбору числа частиц в расчетной ячейке.

Иерархия пространственных корреляций частиц. Парные корреляции. Дальние взаимодействия, кулоновский случай. Кооперативные явления. Иерархия временных корреляций частиц. Автокорреляционная функция скорости. Ограничения по диффузии и скорости звука.

8. Фазовые переходы.

Фазовые переходы. Неоднородные системы. Выбор числа частиц определяет набор явлений и свойств, которые можно исследовать с помощью ММД.

9. Стохастические свойства молекулярно-динамических моделей.

Расходимость траекторий частиц. Неустойчивость по Ляпунову. К-энтропия. Время динамической памяти. Возникновение необратимости. Негамильтоновость ММД. Фактические уравнения движения, которым удовлетворяют траектории ММД. Сохранение полной энергии в среднем и её флуктуации. ММД-ансамбль и его сопоставление с ансамблям статистической физики. Специфические ансамбли, используемые в ММД. ММД как метод, сохраняющий Ньютоновскую динамику на временах молекулярной релаксации и проводящий статистическое усреднение по начальным условиям вдоль МД траектории.

10. Равновесные молекулярно-динамические модели.

Фундаментальные соотношения (первые принципы), используемые при диагностике: статистическая сумма, конфигурационный интеграл, строгие выражения для энергии, давления, теплоёмкости, тензора упругих напряжений и пр.; формулы Кубо-Грина и

Эйнштейна-Гельфанда для коэффициентов диффузии, теплопроводности, вязкости и пр. Замена усреднения по фазовому пространству усреднением по времени. Пространственные и временные корреляции частиц. Радиальные функции распределения, корреляционные функции, флуктуации, их спектры. Термодинамические свойства и корреляционные функции. Автокорреляционные функции. Пространственно-временные корреляции частиц, Фурье-образы. Динамический структурный фактор. Примеры для однородных фаз и двухфазных систем, локализация точки фазового перехода, поверхностное натяжение, фазовые переходы второго рода, кластеры и макромолекулы, наноструктуры и наноматериалы.

11. Термостаты.

Термостаты в молекулярной динамике: виды, плюсы, минусы. Модель одномерного маятника: распределение в фазовом пространстве для микроканонического и для канонического ансамбля. Доказательство схемы термостата Нозе. Модификация уравнений движения, предложенная Гувером. Цепи Нозе-Хувера.

12. Дальнодействующие потенциалы.

Близкодействующие и дальнодействующие потенциалы. Обрезка потенциала. Примеры обрезки близкодействующих потенциалов. Методы оптимизации расчёта для дальнодействующих потенциалов (Ewald, PM и PPPM). Суммы Эвальда с выводом.

13. Приложения метода молекулярной динамики – часть 1.

Основы квантовой физики. Квантовая молекулярная динамика. Метод функционала плотности. Приложения.

14. Приложения метода молекулярной динамики – часть 2.

Основы биологической физики. Физика биологических молекул и биомембран. Потенциалы взаимодействия. Приложения.

15. Приложения метода молекулярной динамики – часть 3.

Основы химической физики. Основы физики материалов. Машинное обучение в вычислительной физике.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в калибровочную теорию полей высших спинов

Цель дисциплины:

ознакомление с основными идеями и методами формализма теории калибровочных полей высших спинов.

Задачи дисциплины:

познакомить студентов с основными понятиями и идеями теории высших спинов, а также дать представление о нелинейных уравнениях, описывающих классическую динамику калибровочных полей высших спинов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия по теме дисциплины.

уметь:

- пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования, решать задачи по теме дисциплины.

владеть:

- математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

Темы и разделы курса:

1. Метрический формализм и формализм Картана для свободных безмассовых полей на пространстве Минковского

Метрическая формулировка Фронсдала безмассовых бозонных полей в пространстве Минковского. Калибровочные симметрии, условие двойной бесследовости. Картанов подход к динамике свободных полей. Язык дифференциальных форм, вспомогательные поля, калибровочная и Штюкельбергова симметрия. Условия совместности.

2. Диаграммы Юнга. Развернутая формулировка. Теоремы о сигма-когомологиях. Калибровочные симметрии и тождества Бианки

Диаграммы Юнга, (косо)симметричный базис, типы $gl(d)$ и $sl(d)$. Тензорные произведения и производящие функции. Определения развернутых уравнений, совместность, тождества Бианки, калибровочная и Штюкельбергова симметрия. Обобщение уравнения Картана на поля произвольного спина. Спектр вспомогательных полей. Группы когомологий, как формализм анализа физических степеней свободы.

3. Спинорный формализм в трех и четырех измерениях, симметрии свободного скаляра в трех измерениях, алгебра Вейля

Изоморфизм $so(3,1)=sl(2,C)$ и спинорный формализм. Тензорно-спинорное соответствие различных диаграмм Юнга. Разворачивание свободного скаляра в трех измерениях и анализ его глобальных симметрий. Алгебра Вейля. Конечномерные подалгебры, конформная симметрия. Реализация дифференциальными операторами.

4. Упорядочения операторов, звездочное произведение. Пространство анти де Ситтера. Безмассовые уравнения в четырех измерениях. Центральная теорема массовой оболочки

Базис в алгебре Вейля, симметричное упорядочение. Звездочка Мойла, интегральная формула, (анти)автоморфизмы, операторы Клейна. Пространство анти де Ситтера, алгебра движений. Картанов подход и плоская связность алгебры $o(d,2)$. Спинорная запись структурных уравнений в четырех измерениях. Свободные поля в AdS, центральная теорема массовой оболочки.

5. Деформация свободных уравнений, взаимодействия. Уравнения Васильева, теория возмущений

Деформация свободных уравнений. Производящая система Васильева для вершин взаимодействия произвольного порядка. Теория возмущения: гомотопическая техника, вывод центральной теоремы массовой оболочки. Локальная лоренцева симметрия в нелинейных уравнениях. Вопросы локальности.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в квантовую криптографию

Цель дисциплины:

- дать студентам знания об основных методах классической криптографии и протоколах квантовой криптографии. Эти знания охватывают постановку задачи секретной передачи данных, обоснование важности распределения секретных ключей для решения этой задачи, изучение основ классической теории информации, обоснование абсолютной стойкости одноразового шифр-блокнота. Даются необходимые знания из области квантовой теории информации: понятие наблюдаемой и квантового канала, теорема Стайнспринга об унитарном представлении квантового канала, запрет на клонирование и достоверное различение квантовых состояний.

Задачи дисциплины:

- овладение основами классической теории информации
- изучение основ классической криптографии
- получение знаний о квантовых каналах и наблюдаемых
- изучение фундаментальных ограничений на информацию, распространяемую с помощью квантовых состояний
- изучение протоколов квантовой криптографии и возможных атак на них
- обоснование стойкости протоколов квантовой криптографии

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные принципы классической криптографии
- основные принципы классической теории информации
- основные принципы квантовой теории информации
- основные протоколы квантовой криптографии

уметь:

- находить взаимную информацию между участниками протокола обмена информацией

- определять пропускную способность классических и квантовых каналов связи
- строить атаки на простые протоколы квантовой криптографии

владеть:

- простыми методами сжатия классической информации
- основными методами математического аппарата квантовой теории информации
- основными методами подслушивания известных протоколов квантовой криптографии

Темы и разделы курса:

1. Обзорное занятие

Этапы протокола квантовой криптографии BB84. Задачи, стоящие перед легитимными пользователями на каждом шаге. Интуитивное описание его стойкости.

2. Введение в классическую криптографию

Задача передачи секретной информации с использованием общего ключа. Исторические сведения. Одноразовый шифроблокнот. Схема Диффи-Хеллмана распределения ключей. Односторонние функции. Задача RSA. Функции с секретом.

3. Основы классической теории информации

Энтропия Шеннона, условная энтропия. Взаимная информация. Классические каналы передачи данных, их пропускная способность.

4. Основы квантовой теории информации

Квантовые состояния и наблюдаемые. Задача различения квантовых состояний. Простые примеры квантовых каналов. Пропускная способность квантового канала, величина Холево.

5. Однофотонные протоколы квантовой криптографии

Протоколы BB84 и B92. Безошибочное различение квантовых состояний. Коррекция ошибок: каскадный метод.

6. Основные атаки на однофотонные протоколы квантовой криптографии

Атака «перехват-перепосыл». Атака с применением унитарного преобразования системы и анциллы. Коллективная атака. Использование затухания в случае протокола B92.

7. Квантовые каналы

Вполне положительные отображения. Примеры каналов. Представления Крауса и Стайнспринга, в том числе примеры для ряда простых каналов.

8. Когерентные протоколы квантовой криптографии

Когерентные квантовые состояния, их свойства. Протоколы COW, DPS, B92 с интенсивным опорным состоянием.

9. Атаки на когерентные протоколы квантовой криптографии

Атака светоделителем, атака измерением с определенным исходом. Атака разделением по числу фотонов. Технологии противодействия этим атакам.

10. Стойкость протоколов квантовой криптографии

Неравенства Белла и протоколы E91, BBM92. Понятие о сведении протоколов квантовой криптографии к распределению сцепленных состояний.

11. Современные проблемы квантовой криптографии

Метод обманных состояний для обеспечения стойкости квантовой криптографии. Схемы реализации протоколов и атаки на оборудование.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в квантовую макрофизику

Цель дисциплины:

Изучение физических основ экспериментальных методов квантовой макрофизики, использующих приборы и устройства лазерной физики и радиофизики, волоконной оптики, а также технику низких температур и сильных магнитных полей, освоение фундаментальных знаний о физических процессах и принципах работы экспериментального оборудования квантовой макрофизики, ознакомление с основными экспериментальными методами исследования различных объектов квантовой макрофизики.

Задачи дисциплины:

- освоение студентами базовых знаний в области физических основ квантовой и классической электроники;
- освоение студентами базовых знаний в области физических основ волоконной оптики;
- освоение студентами базовых знаний в области физики низких температур и сильных магнитных полей;
- приобретение теоретических знаний в области исследования объектов физики конденсированного состояния методами квантовой макрофизики;
- оказание консультаций и помощи студентам в выборе направления собственных теоретических и экспериментальных исследований в области квантовой макрофизики;
- знакомство с принципами работы экспериментального оборудования в области квантовой макрофизики.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики;
- порядки численных величин, характерные для различных разделов квантовой макрофизики (квантовая электроника, волоконная оптика, физика низких температур и сильных магнитных полей);
- современные проблемы физики, химии, математики;

- квантовые явления, наблюдаемые при исследовании объектов квантовой макрофизики, и экспериментальные физические методы, разработанные на их базе;
- физические основы экспериментальных методов квантовой макрофизики;

уметь:

- абстрагироваться от несущественного при анализе реальных физических ситуаций;
- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
- навыками теоретического анализа реальных задач, связанных со свойствами микроскопических и наносистем, обладающих как дискретным, так и непрерывным спектрами;

Темы и разделы курса:

1. Квантовая макрофизика (введение)

Экспериментальная квантовая макрофизика как область науки на стыке квантовой механики, квантовой электроники, оптики и физики конденсированного состояния. Перечислены разделы, охватываемые в курсе – радиофизика, классическая и квантовая электроника, волоконная оптика, низкие температуры, сильные магнитные поля. На

примере задачи о циклотронном резонансе показана эффективность методов исследования для определения характеристик носителей заряда в металлах и полупроводниках.

2. Основы радиофизики

Радиофизика как «Физика для радио» и «Радио для физики». Шкала электромагнитных волн. История учения об электромагнетизме. Основные этапы в развитии радиофизики. Физический маятник и колебательный контур. Метод фазовой плоскости.

3. Основные виды источников и детекторов электромагнитного излучения

Основные виды источников и детекторов электромагнитного излучения, методы детектирования. Электровакуумные лампы и генераторы на их основе. Линейные и нелинейные колебательные системы. Параметрическое возбуждение.

4. Полупроводниковая электроника

Рассмотрены основы физики полупроводников. Принцип работы транзистора. Полевой и биполярный транзистор. Диод Ганна.

5. Радиофизика терагерцового диапазона

Источники излучения терагерцового диапазона. Клистроны. Магнетроны. Лампы бегущей и обратной волны. Детекторы терагерцового излучения.

6. Квантовая электроника

Квантовая электроника. Лазеры и мазеры. Трехуровневая и четырехуровневая схемы работы лазера. Лазер как нелинейная колебательная система. Открытые резонаторы.

7. Основные типы лазеров

Основные типы лазеров: на основе конденсированных сред (твердотельные, полупроводниковые, жидкостные), газовые (молекулярные, эксимерные, газодинамические, химические), лазеры на свободных электронах.

8. Волоконная оптика

Волоконная оптика. Оптические волноводы. Волоконные световоды. Одномодовый и многомодовые режимы. Опволоконные линии передачи информации (генераторы, усилители и детекторы). Лазеры на волоконных световодах.

9. Шкала и единицы измерения температуры

Абсолютная шкала температур в термодинамике. Основные этапы «продвижения» к абсолютному нулю температур. Открытие сверхпроводимости. Низкие температуры и квантовые эффекты.

10. Криогенные жидкости и методы их получения

Жидкие азот, водород, гелий и их основные свойства. Эффект Джоуля-Томсона (дросселирование). Поршневой и турбинный детандеры. Идеальный цикл ожижения газов. Схема ожижения жидкого гелия по методу Капицы.

11. Сверхнизкие температуры

Адиабатическое размагничивание. Фазовая диаграмма ^3He - ^4He . Принцип работы рефрижератора растворения. Методы охлаждения до температур субмикрокельвинного диапазона.

12. Криостаты и вакуумная техника

Сосуды для хранения криогенных жидкостей. Криостаты для физических исследований. Форвакуумный и диффузионный насосы. Турбомолекулярный насос. Методы измерения степени разрежения (жидкостные манометры, термопарные и ионизационные манометрические лампы).

13. Методы измерения низких температур

Основные виды термометров: газовый, резистивный, полупроводниковый, термопарный, магнитный, ядерный ориентационный.

14. Источники стационарного и импульсного магнитного поля

Шкала и единицы измерения магнитного поля и намагниченности. Источники стационарного магнитного поля. Сверхпроводящие магниты. Импульсные магнитные поля. Методы получения магнитного поля мегагауссного диапазона.

15. Магнитные поля в физическом эксперименте

Применение магнитных полей в физическом эксперименте. Магнитный резонанс. Эффект Холла. Квантовые осцилляционные эффекты. Магнитная томография.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в квантовую оптику

Цель дисциплины:

дать студентам базовые знания в области квантовой физики и оптики. Курс ориентирован в основном на подготовку физиков-экспериментаторов, которые планируют работать в области разработки и создания квантовых приборов.

Задачи дисциплины:

ознакомить студентов с основными концепциями квантовой физики и оптики, а также с основными проявлениями квантовых механизмов при распространении лазерных пучков. При этом слушатели получают необходимые сведения для проведения собственных оценок и расчетов квантовых оптических эффектов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- перечень правил расчета квантовых эффектов в оптике;
- набор основных квантовых моделей световых пучков;
- методы количественной характеристики квантовых состояний света;
- основные примеры использования квантовых явлений в современной лазерной технике и аппаратуре.

уметь:

- оценивать возможные вклады квантовых флуктуаций в реальных лазерных установках и приборах;
- выявлять доминирующие квантовые шумы в конкретных условиях работы лазерных установок и приборов;
- предлагать меры по достижению принципиальных квантовых пределов в измерительных схемах.

владеть:

- методами количественного анализа квантовых шумов в оптических лазерных установках и приборах;
- способами создания оптических схем в квантовых приборах.

Темы и разделы курса:

1. Основные концепции квантовой физики

Понятие состояния объекта в квантовой теории. Операторы наблюдаемых величин. Оператор Гамильтона и эволюция состояний.

2. Вторичное квантование в оптике

Модель квантового осциллятора. Язык чисел заполнения в оптике.

3. Базовые состояния в оптике

Введение базиса волновых функций в модели вторичного квантования. Собственные состояния оператора энергии.

4. N-фотонные состояния света

Свойства поля излучения в N-фотонных состояниях. Понятие фазы в квантовой оптике.

5. Когерентные состояния света

Операторы рождения и уничтожения фотонов. Собственные состояния полевых операторов. Модель лазерного излучения.

6. Тепловые состояния и матрица плотности

Матрица плотности как способ описания незамкнутых систем. Полевые матричные элементы. Особенности тепловых состояний света.

7. Сжатые состояния света

Сжатые состояния как собственные состояния полевых операторов. Основные свойства и классификация сжатых состояний. Способы генерации сжатого света.

8. Преобразование квантовых состояний при светоделении

Гамильтониан светоделения. Картина Шредингера и картина Гейзенберга в анализе светоделения. Опыт Брауна-Твисса.

9. Статистика фотоотчетов

Введение квантовой эффективности фотоприема. Преобразование статистики фотонов в статистику фотоотчетов.

10. Ослабление и усиление света

Операторное описание основных типов оптических усилителей. Фаззонечувствительное усиление, усиление на инверсии

11. Параметрическое излучение как источник сжатого света

Параметрическое излучение как результат двухфотонного распада при рассеянии света на атомах среды. Основные схемы генерации сжатого света в параметрических кристаллах.

12. Методы фотоприема

Прямой фотоприем. Когерентный фотоприем: гомо- и гетеродинамирование света. Процедуры измерения квантовых состояний света.

13. Квазивероятности в квантовой оптике

Фазовая плоскость анализа квантовых флуктуаций света. Квазивероятность Вигнера. Квантовые портреты основных состояний света. Состояния шредингеровского кота.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в квантовую теорию нелинейных оптических явлений

Цель дисциплины:

Научить методам теории открытых квантовых систем и применить эти знания при рассмотрении нелинейных оптических явлений.

Задачи дисциплины:

- Развить представления об описании диссипативных и нелинейных процессов в квантовой механике.
- Дать представление о физике нелинейных оптических явлений и методах их описания.
- По окончании курса, предполагается, что студенты получают общее представление и методы решения уравнений Гейзенберга-Ланжевена, а также смогут применять квантовую теорему регрессии

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные концепции, понятия, законы, принципы и методы, применяемые при квантовом описании нелинейных оптических явлений

уметь:

квалифицированно использовать полученные знания для решения практических задач квантовой механики;

выбирать адекватный метод для решения конкретной физической задачи;

производить численные оценки по порядку величины;

видеть в технических задачах физическое содержание;

абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;

делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;

доводить результаты своей научной работы до сведения научной общественности путем выступлений на семинарах, конференциях, публикаций в научных журналах

Владеть:

практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;

математическим аппаратом в той мере, которая позволяет получать решение конкретной практической задачи исходя из первых принципов и основных уравнений квантовой механики;

умением искать теоретические объяснения экспериментальным результатам и экспериментальные подтверждения теоретическим моделям;

культурой постановки и моделирования физических задач;

основными навыками представления своих результатов на семинарах, конференциях;

базовыми навыками самостоятельной работы;

навыками освоения большого объема информации, навыками самостоятельной работы с учебной, научной и справочной литературой, ведения поиска и ориентирования в библиографии, использования Интернета

Темы и разделы курса:**1. Необходимые сведения из квантовой оптики**

Диссипация в квантовой механике. Уравнение Гейзенберга-Ланжевена. Флуктуационно-диссипативная теорема. Сохранение коммутационных соотношений. Постановка задачи в теории рассеяния. Сечение рассеяния. Квантовая теорема регрессии. Квантовое описание Рэлеевского рассеяния. Получение гамильтониана взаимодействия электронной и ядерной подсистем молекулы в модели Борна-Оппенгеймера, гамильтониан Фрёлиха.

2. Спонтанное рамановское рассеяние света

Спонтанное рамановское рассеяние света. Плазмонные нанополосы и понятие о факторе Парселла. Поверхностно усиленное рамановское рассеяние света (SERS)

3. Когерентное рамановское рассеяние света

Когерентное рамановское рассеяние света (CARS). Когерентное поверхностно усиленное рамановское рассеяние света (SECARS)

4. Вынужденное рамановское рассеяние света. Рамановские лазеры

Вынужденное рамановское рассеяние света. Рамановские усилители. Рамановские лазеры. Вибрационная неустойчивость и фононные лазеры.

5. Бриллюэновское рассеяние света. Бриллюэновские лазеры

Бриллюэновское рассеяние света. Закон сохранения импульса в Бриллюэновском рассеянии. Бриллюэновские усилители света. Проблема локализации фотонов и фононов. Бриллюэновские лазеры и их применения.

6. Статистические свойства рамановского рассеянного света

Классический и квантовый свет. Автокорреляционная функция второго порядка стоксового и антистоксового света. Перекрёстная корреляционная функция второго порядка стоксового и антистоксового света.

7. Введение в оптомеханические системы

Понятие об оптомеханических системах. Лазерное охлаждение в оптомеханических системах. Оптомеханическая неустойчивость.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в квантовую теорию поля

Цель дисциплины:

- формирование у студентов представления об основных методах и концепциях квантовой теории поля.

Задачи дисциплины:

- обучение студентов простейшим методам квантовой теории поля, основанным на сочетании квантовой теории, теории поля и теории относительности.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Основные принципы и идеи для квантования дираковского поля.

уметь:

Эффективно использовать на практике теоретические понятия, решать базовые задачи, связанные с соответствующими примерами квантовой физики.

владеть:

Простейшими методами квантовой теории поля.

Темы и разделы курса:

1. Элементы классической теории поля

В этой теме обсуждается формализм классической теории поля, который потребуется в дальнейшем. Обсуждаются лагранжева и гамильтонова формулировки. Теорема Нетер и симметрии.

2. Поле Клейна-Гордона

Рассмотрим простейший пример релятивистского поля — вещественного поля Клейна-Гордона, обсудим что означает его квантование. Затем используя аналогию гармонического

осциллятора, решим теорию, находя собственные значения и собственные состояния гамильтониана. Рассмотрим представление Гейзенберга. Найдем выражение для пропагатора поля Клейна-Гордона.

3. Уравнение Дирака

От уравнения Клейна-Гордона перейдем к уравнению Дирака, обсудим его релятивистскую инвариантность. Попутно обсудим алгебру Дирака и ее представления. Решим уравнение Дирака для свободных частиц.

4. Квантование дираковского поля

Построим квантовую теорию свободного дираковского поля. Обсудим связь спина со статистикой. Получим выражение для пропагатора Дирака. Изучим симметрии в теории Дирака.

5. Функция Грина

Введем метод вторичного квантования, с помощью которого удобно изучать системы, состоящие из большого числа частиц. Этими частицами в задачах могут быть электроны, фононы и так далее. Затем рассмотрим представление взаимодействия, с помощью которого удобно строить теорию возмущения. Обсудим понятие хронологического упорядочения. Вычислим двухточечную корреляционную функцию — функцию Грина.

6. Рассеяние

В этой теме обсудим задачи одночастичной квантовой механики, которые можно решать методами теории возмущений. Рассмотрим динамику нерелятивистской частицы во внешнем поле, описывающуюся уравнением Шредингера. Такие задачи делятся на два типа: стационарные и нестационарные. К задачам второго типа относится задача рассеяния, в которой нас будет интересовать нахождение решения уравнения Шредингера, описывающее падающую и рассеянную волны, и определение амплитуды перехода в данное конечное состояние.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в классические теории поля

Цель дисциплины:

Курс рассчитан на студентов теоретиков, специализирующихся в области физики высоких энергий и квантовой теории поля. В рамках курса предполагается изучить различные топологически стабильные решения классических уравнений движения в калибровочных теориях и их квантование. В рамках курса предполагается, что слушатели овладеют методом функционального интеграла, который позволяет универсально описывать квантовые эффекты. Курс доступен студентам 3-4 курса и от них требуется хорошее знание классической механики и классической теории поля.

Задачи дисциплины:

Обеспечить свободное владение студентами- теоретиками непertурбативными методами в теории поля.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Метод функционального интегрирования. Простейшие топологические решения в теории поля в разном числе измерений.

уметь:

Решать классические уравнения движения и находить пространства модулей. Исследовать стабильность решений и структуру спектра возмущений на фоне решения.

владеть:

Методами классической теории поля.

Темы и разделы курса:

1. Метод функционального интегрирования

Определение функционального интеграла. Мера в функциональном интеграле. Квазиклассическое приближение. Вычисление амплитуды перехода методом функционального интеграла. Вычисление функционального интеграла на примере осциллятора. Расщепление уровней в потенциале методом функционального интеграла.

2. Туннельные решения и формализм евклидова пространства

Распад метастабильного состояния в квантовой механике одной переменной. Обобщение на случай многих переменных. Туннелирование с потенциалом с классическим вырождением.

3. Спонтанное нарушение глобальной симметрии

Спонтанное нарушение дискретной симметрии. Спонтанное нарушение глобальной симметрии. Частичное нарушение симметрии. Эффективные теории голдстоуновских бозонов. Теорема Голдстоуна.

4. Распад ложного вакуума в скалярной теории поля

Вероятность распада. Евклидово решение с отрицательной модой. Тонкостенное приближение. Вероятность распада, индуцированного тяжелым фермионом. Вероятность индуцированного распада при столкновении частиц.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в компьютерную фотонику и квантовую физику

Цель дисциплины:

Цель курса состоит в ознакомлении студентов с современными методами проведения численных расчетов и компьютерного моделирования процессов фотоники.

Задачи дисциплины:

- ознакомление с основными подходами вычислительной квантовой механики;
- формирование умений и навыков применения методов разделения операторов и R-матрицы.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные подходы вычислительной квантовой механики;
- метод конечных разностей во временной области;
- метод конечных элементов.

уметь:

- рассчитывать простейшие задачи методом конечных разностей во временной области;
- рассчитывать простейшие задачи методом конечных элементов.

владеть:

аппаратом вычислительной квантовой механики.

Темы и разделы курса:

1. Введение. Задачи на собственные значения

- Временная и стационарная волновые задачи их связь. Преобразование Фурье. Соотношения неопределенности. Гармоническая инверсия.

- Определение собственных мод системы. Точные и приближенные методы диагонализации матриц. Размерность задачи и оценка затрат вычислительных ресурсов.

2. Уравнения электродинамики сплошных сред. Метод конечных разностей во временной области (FDTD)

- Уравнения Максвелла. Материальные уравнения. Граничные условия. Использование симметрии системы. TE и TM моды. Периодические системы.
- Алгоритм расчета и численная схема метода конечных разностей во временной области. Решетка Йи. Моделирование источников излучения. Поглощающие слои. Оптическая дисперсия материалов.

3. Примеры использования метода конечных разностей во временной области. Метод конечных элементов (FEM)

- Пакет с открытым исходным кодом MEER. Расчет сечений поглощения и рассеяния наночастиц. Моделирование оптических свойств метаматериалов. Преобразование полей из ближней зоны в дальнюю.
- Алгоритм расчета и численная схема метода конечных элементов. Применение к задачам электродинамики.

4. Основные уравнения квантовой механики. Связанные уравнения

- Временное и стационарное уравнения Шредингера. Волновые функции дискретного и непрерывного спектров. Оператор эволюции. Квазиклассический предел и интегрирование по траекториям.
- Разложения волновой функции по базисам. Приведение к системам связанных уравнений. B-сплайны. Discrete variable representation. Гиперсферические координаты.

5. Временное уравнение Шредингера. Стационарные уравнения Шредингера

- Метод разделения оператора (Split-operator). Комплексный потенциал. Расчет спектральных свойств с помощью автокорреляционной функции.
- Основы теории рассеяния. Метод R-матрицы. Способы определения собственных энергий и собственных функций системы.

6. Современные методы анализа физических данных. Введение в методы управления

- Методы сбора и интерполяции данных. Нейронные сети с точки зрения физика.
- Метод сопряжённого градиента. Введение в генетические алгоритмы.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в конформную теорию поля

Цель дисциплины:

формирование у студентов представления о конформной теории поля, обсуждение основных моделей конформной теории поля, описание связей с другими теориями и моделями

Задачи дисциплины:

обучение студентов основным принципам и методам конформной теории поля, подготовка студентов к ведению исследований, связанных с конформной теорией поля и близкими областями теоретической физики и математики

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Основные принципы конформной теории поля, соответствующие свойства пространства и различных моделей конформной теории поля

уметь:

эффективно использовать на практике теоретические понятия, решать базовые задачи, связанные с соответствующими моделями конформной теории поля

владеть:

Основными методами, используемыми при решении задач, связанных с конформной теорией поля

Темы и разделы курса:

1. Конформные преобразования

Мы обсудим историческое происхождение конформной симметрии. Мы опишем как устроена конформная симметрия пространства, конформные преобразования. Мы подробнее остановимся на конформных преобразованиях в двух измерениях

2. Корреляторы в конформной теории поля

Мы рассмотрим корреляторы в конформной теории поля. Мы обсудим, какие условия накладываются на корреляторы конформной симметрией. Мы обсудим что такое размерность полей и какими свойствами обладают поля в конформной теории.

3. Двумерная конформная теория поля

Мы обсудим специфику двумерной конформной теории поля. Мы рассмотрим разделение на голоморфные и антиголоморфные величины. Мы рассмотрим свойства тензора энергии-импульса и построим алгебру Вирасоро.

4. Модели конформной теории поля

Мы рассмотрим различные модели двумерной конформной теории поля. Мы изучим свободные бозонные и фермионные модели. Мы изучим свойства минимальных моделей. Мы изучим свойства и особенности модели Весса-Зумино-Новикова-Виттена и алгебры токов.

5. Связи с другими теориями

Мы обсудим связи и дуальности между конформной теорией поля и другими теориями. Мы рассмотрим примеры соотношения Алдая-Гайотто-Тачикавы. Мы построим матричную модель Доценко-Фатеева. Мы рассмотрим дуальность между теорией Черна-Саймонса и двумерной конформной теорией поля.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в космическую физику

Цель дисциплины:

Предлагаемый курс направлен на введение студентов в тематику базовой кафедры «Космической физики» для осознанного выбора будущего направления своей научно-исследовательской работы и своего научного руководителя.

Задачи дисциплины:

Сформировать у слушателей базовые представления о космическом эксперименте, физике Солнца и гелиосферы, физике магнитосферы Земли и солнечно-земных связях, космической погоде, физике космических лучей, физике планет и малых тел Солнечной системы, звездной астрофизики и космологии. Основное внимание уделяется и умению делать простые оценки по порядку величины из простых физических соображений для постановки задачи более детального исследования.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Основные принципы проведения космических экспериментов и наземных наблюдений, объекты исследования в ближнем и дальнем космосе, физические механизмы излучения и его регистрации во всем диапазоне электромагнитного спектра, процессы ускорения частиц и плазмы, методы регистрации частиц различной энергии.

уметь:

Пользоваться профессиональной литературой по различным аспектам космической физики. Проводить количественную оценку основных параметров объектов исследования из общих физических соображений.

владеть:

Космической и астрофизической терминологией и ресурсами, предоставляющими научную информацию по предмету

Темы и разделы курса:

1. Введение

Что дают наблюдения с борта КА? Окна прозрачности атмосферы. Спектр ЭМ излучения. Корпускулярное излучение. Основные понятия астрономии.

2. Носители и основы баллистики

Существующие и перспективные носители КА. Космодромы. Орбиты около Земли. Точки Лагранжа. Маневры на орбите. Полеты в гелиосфере. Гравитационный маневр. Выход их плоскости эклиптики.

3. Космические аппараты и наземная инфраструктура

Принципы конструкции КА. Системы ориентации и стабилизации КА. Полезная нагрузка – комплекс научной аппаратуры и системы сбора и передача данных. Наземная инфраструктура космических исследований

4. Солнце и солнечно-звездные аналогии

Строение Солнца. Зона выделения энергии и лучистого переноса. Конвективная зона. Фотосфера, хромосфера и корона. Магнитное поле Солнца и звезд. Солнечная и звездная активность. Солнечные и звездные вспышки. Тепловое и нетепловое излучение Солнца. Космические аппараты для солнечных исследований (RHessi, SOHO, SDO, IRIS, КОРОНАС, Solar probe, Solar Orbiter)

5. Солнечный ветер и гелиосфера

Гипотеза Паркера и расширяющаяся солнечная корона. Оценка параметров солнечного ветра. Быстрый и медленный солнечный ветер. Возмущения солнечного ветра. Трехмерная структура солнечного ветра. Граница гелиосферы. Космические аппараты для гелиосферных исследований Voyager, WIND, STEREO, Ulysses. Solar probe, Solar Orbiter, SPORT.

6. Магнитосфера Земли и планет

Магнитное поле Земли. Поведение заряженных частиц в магнитном поле Земли. Радиационные пояса. Магнитосфера Земли и ее взаимодействие с солнечным ветром. Структура магнитосферы. КА для исследования магнитосферы Земли. Магнитосфера Юпитера. Магнитосферы планет без собственного магнитного поля. Космические эксперименты по исследованию планетных магнитосфер.

7. Ионосфера Земли. Космическая погода и ее влияние

Источники ионизации верхних слоев атмосферы. Ионосфера и ее слои. Распространение радиоволн. Эффекты космической погоды. Бури и суббури в магнитосфере Земли. Радиационные условия в ближнем и дальнем космосе.

8. Планеты и экзопланеты

Рождение Солнечной системы, сравнение её с другими планетными системами. Планеты земной группы и планеты гиганты. Луна и луны. Идеология планетных исследований, планетная геология, погода и климат. Полеты КА к планетам, посадки на планеты и луны. Методы обнаружения и наблюдение экзопланет.

9. Малые тела солнечной системы

Пояс Койпера и пояс астероидов. Кометы, Первые полеты и первые посадки КА на астероиды и кометы. Комета Галлея и комета Чурумова-Герасименко

10. Физика космических лучей

Астрофизика частиц. Спектр и механизмы ускорения первичных КЛ. Распространение КЛ и взаимодействие с межзвездной средой. Химический и ионный состав КЛ. КА для исследования КЛ (Протон, AMS, Pamela ACE, Ломоносов, Нуклон). Вторичные КЛ. Широкие атмосферные ливни, их наблюдения. Гамма и нейтринная астрономия сверхвысоких энергий.

11. Звезды главной последовательности

Сценарий звездообразования: гравитационная неустойчивость Джинса, коллапс молекулярного облака. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела. Время жизни звезды на главной последовательности. Спектральные классы звезд. Источники энергии звезд. Звездные магнитные поля и звездная активность. Переменные звезды.

12. Звездный ветер и астросферы

Холодный и горячий звездный ветер, их различная природа. Оценки параметров холодного и горячего звездного ветра у звезд различных спектральных классов. Размеры астросфер. Космическая погода вблизи экзопланет.

13. Поздние стадии звездной эволюции

Условие равновесия вырожденного Ферми-газа в гравитационном поле. Релятивистский и нерелятивистский Ферми-газ. Белые карлики, нейтронные звезды и черные дыры, оценка параметров. Двойные системы и аккреция, сверхновые типа Ia. Критическая светимость. Наблюдения нейтронных звезд и черных дыр в двойных системах. Магнитное поле НЗ и пульсары. Эффекты слияние нейтронных звезд и черных дыр, гравитационные волны.

14. Галактики и темная материя

Открытие нашей Галактики. Цефеиды. Классификация галактик. Структура галактик, диск и гало. Движение звезд в галактике. Темная материя. Сверхмассивные черные дыры и активные ядра галактик.

15. Космология

Десять наблюдательных космологических параметров. Закон Хаббла. Определение постоянной Хаббла из наблюдений, стандартная свеча. Наблюдаемая и критическая плотность. Расширение с ускорением и темная энергия. Распределение вещества на различных пространственных масштабах. Реликтовое излучение. Анизотропия реликтового излучения.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в космологию

Цель дисциплины:

- получение студентами фундаментальных знаний в области основ космологии, изучение существующих источников информации о строении и эволюции Вселенной, а также освоение навыков практического применения теоретических знаний при решении задач.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области космологии и астрофизики как дисциплины, интегрирующей общефизическую и общетеоретическую подготовку физиков;
- обучение студентов принципам применения общей теории относительности и общей физики при решении космологических задач;
- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области космологии и астрофизики в рамках выпускных работ на степень бакалавра.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- современные проблемы космологии;
- место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в космологии
- принципы симметрии и законы сохранения;
- новейшие открытия в области космологии;
- постановку проблем космологии и общей теории относительности;
- о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;

- представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;
- абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций.

владеть:

- научной картиной мира;
- основными понятиями и методами теории относительности и теоретической физики в целом;
- навыками самостоятельной работы по решению задач;
- математическим моделированием физических задач.

Темы и разделы курса:

1. Введение. Объекты, масштабы. Способы измерения расстояний. Иерархическая структура. Хаббловское расширение

Объекты, изучаемые космологией. Их основные характеристики и традиционные методы определения этих характеристик.

Построение наглядной модели расширения Вселенной в рамках Ньютоновской механики. Физический смысл и проявления Хаббловского потока. Иерархическая структура.

2. Геометрия Вселенной. Космологический принцип. Метрика Робертсона-Уокера. Красное смещение

Математическая формулировка космологического принципа. Изометрии и форминвариантность. Векторы Киллинга. Метрика Робертсона-Уокера как следствие космологического принципа. Красное смещение: вывод из метрики РУ.

3. Уравнения Эйнштейна. Космологические решения. Модели Фридмана. Космологическая постоянная. Горизонты. Модель с темной энергией. Наблюдательные подтверждения. Подсчеты источников

Формулировка уравнений Эйнштейна для метрики Робертсона-Уокера. Закон сохранения энергии. Общие свойства решений при различных уравнениях состояния.

Фридмановские космологические модели. Открытая и замкнутая вселенные.

4. Космологическая постоянная

Квинтэссенция, темная энергия, космологическая постоянная: смысл этих понятий и связь между ними. Влияние на космологические модели. Горизонты частиц и событий.

Наблюдения сверхновых Ia и подсчеты источников как свидетельства в пользу моделей с темной энергией

5. Инфляция

Инфляция. Уравнение состояния. Аргументы за инфляцию.

Основные понятия космологической теории инфляции

6. Рекомбинация и реликтовое излучение

Происхождение реликтового излучения. Преобразование спектра при свободном расширении. Горячая Вселенная. Формула Саха. Уточнения в теории рекомбинации. Отклонения от формулы Саха в расширяющейся Вселенной. Искажение планковского спектра

Природа и свойства реликтового излучения. Связь с рекомбинацией водорода в ранней Вселенной. Энтропия.

Равновесное приближение для рекомбинации. Влияние расширения Вселенной на процесс рекомбинации. Задача Курта-Зельдовича-Сюняева: двухфотонная рекомбинация.

7. Анизотропия реликта

Дипольная и мелкомасштабная анизотропия. Допплеровские пики. Поляризация. Дополнительные механизмы, влияющие на анизотропию. Эффект Сакса-Вольфа. Затухание Силка.

Эксперименты по обнаружению анизотропии реликта. Смысл измеряемых коэффициентов и наблюдаемых пиков. Связь наблюдаемой анизотропии с флуктуациями на сфере последнего рассеяния.

Коротковолновый и длинноволновый края спектра реликтового излучения. Влияние переменного гравитационного поля скоплений на частоту реликтового фотона; влияние конечности скорости звука непосредственно перед рекомбинацией. Оценка влияния реионизации на реликтовое излучение.

История открытия эффекта Зельдовича-Сюняева и его применение в исследованиях скоплений галактик.

8. Нуклеосинтез. Температурная история Вселенной

Синтез гелия в ранней Вселенной. Сравнительные оценки нуклеосинтеза в ранней Вселенной и в звездах. Эффект «Бутылочного горлышка».

9. Рост флуктуаций в расширяющейся Вселенной. Образование галактик

Теория Джинса. Нерелятивистская теория роста флуктуаций в стационарной и в расширяющейся Вселенной. Доказательство необходимости существования «затравок» при образовании галактик.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в математический анализ

Цель дисциплины:

Формирование базовых знаний по математическому анализу для дальнейшего использования в других областях математического знания и дисциплинах с естественнонаучным содержанием; формирование математической культуры, исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины:

- Приобретение слушателями теоретических знаний и практических умений и навыков в области теории пределов, дифференциального и интегрального исчисления, теории рядов;
- подготовка слушателей к изучению смежных математических дисциплин;
- приобретение навыков в применении методов математического анализа в физике и других естественнонаучных дисциплинах.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Основные свойства пределов последовательностей и функций действительного переменного, производной, дифференциала, неопределенного интеграла; свойства функций, непрерывных на отрезке;
- основные «замечательные пределы», табличные формулы для производных и неопределенных интегралов, формулы дифференцирования, основные разложения элементарных функций по формуле Тейлора;
- основные формулы дифференциальной геометрии.

уметь:

- Записывать высказывания при помощи логических символов;
- вычислять пределы последовательностей и функций действительного переменного;

- вычислять производные элементарных функций, раскладывать элементарные функции по формуле Тейлора; вычислять пределы функций с применением формулы Тейлора и правила Лопиталю;
- строить графики функций с применением первой и второй производных; исследовать функции на локальный экстремум, а также находить их наибольшее и наименьшее значения на промежутках;
- вычислять кривизну плоских и пространственных кривых.

владеть:

- Предметным языком классического математического анализа, применяемым при построении теории пределов;
- аппаратом теории пределов, дифференциального и интегрального исчисления для решения различных задач, возникающих в физике, технике, экономике и других прикладных дисциплинах.

Темы и разделы курса:

1. Действительные числа

1.1. Действительные числа. Отношения неравенства между действительными числами. Свойство Архимеда. Плотность множества действительных чисел. Теорема о существовании и единственности точной верхней (нижней) грани числового множества, ограниченного сверху (снизу). Арифметические операции с действительными числами. Представление действительных чисел бесконечными десятичными дробями. Счетность множества рациональных чисел, несчетность множества действительных чисел.

2. Пределы последовательностей

2.1. Предел числовой последовательности. Теорема Кантора о вложенных отрезках. Единственность предела. Бесконечно малые последовательности и их свойства. Свойства пределов, связанные с неравенствами. Арифметические операции со сходящимися последовательностями. Теорема Вейерштрасса о пределе монотонной ограниченной последовательности. Число ϵ . Бесконечно большие последовательности и их свойства.

2.2. Подпоследовательности, частичные пределы. Верхний и нижний пределы числовой последовательности. Теорема Больцано-Вейерштрасса. Критерий Коши сходимости последовательности.

3. Предел и непрерывность функций одной переменной

3.1. Предел числовой функции одной переменной. Определения по Гейне и по Коши, их эквивалентность. Свойства пределов функции. Различные типы пределов. Критерий Коши существования конечного предела функции. Теорема о замене переменной под знаком предела. Существование односторонних пределов у монотонной функции.

3.2. Непрерывность функции в точке. Свойства непрерывных функций. Односторонняя непрерывность. Теорема о переходе к пределу под знаком непрерывной функции. Непрерывность сложной функции. Точки разрыва, их классификация. Разрывы монотонных функций.

3.3. Свойства функций, непрерывных на отрезке – ограниченность, достижение точных верхней и нижней граней. Теорема о промежуточных значениях непрерывной функции. Теорема об обратной функции.

3.4. Непрерывность элементарных функций. Определение показательной функции. Свойства показательной функции. Замечательные пределы, следствия из них.

3.5. Сравнение величин (символы o , O , \sim). Вычисление пределов при помощи выделения главной части в числителе и знаменателе дроби.

4. Производная и ее применение

4.1. Производная функции одной переменной. Односторонние производные. Непрерывность функции, имеющей производную. Дифференцируемость функции в точке, Дифференциал. Геометрический смысл производной и дифференциала. Производная суммы, произведения и частного двух функций. Производная сложной функции. Производная обратной функции. Производные элементарных функций. Инвариантность формы дифференциала относительно замены переменной.

4.2. Производные высших порядков. Формула Лейбница для n -й производной произведения. Дифференциал второго порядка. Отсутствие инвариантности его формы относительно замены переменной. Дифференциалы высших порядков.

4.3. Теорема Ферма (необходимое условие локального экстремума). Теоремы о среднем Ролля, Лагранжа, Коши. Формула Тейлора с остаточным членом в формах Пеано и Лагранжа. Правило Лопиталья для раскрытия неопределенностей вида. Правило Лопиталья для раскрытия неопределенностей вида.

4.4. Применение производной к исследованию функций. Достаточные условия монотонности, достаточные условия локального экстремума в терминах первой и второй производной. Выпуклость, точки перегиба. Достаточные условия локального экстремума в терминах высших производных. Построение графиков функций – асимптоты, исследование интервалов монотонности и точек локального экстремума, интервалов выпуклости и точек перегиба.

5. Первообразная и неопределенный интеграл

5.1. Первообразная и неопределенный интеграл. Линейность неопределенного интеграла, интегрирование подстановкой и по частям. Интегрирование рациональных функций. Основные приемы интегрирования иррациональных и трансцендентных функций.

6. Дифференциальная геометрия

6.1. Элементы дифференциальной геометрии. Кривые на плоскости и в пространстве. Гладкие кривые, касательная к гладкой кривой. Теорема Лагранжа для вектор-функций. Длина кривой. Производная переменной длины дуги. Натуральный параметр. Кривизна

кривой, формулы для ее вычисления. Сопровождающий трехгранник пространственной кривой.

7. Комплексные числа

7.1. Комплексные числа. Модуль и аргумент, Тригонометрическая форма. Арифметические операции с комплексными числами. Извлечение корня. Экспонента и логарифм от комплексного числа. Формула Эйлера. Информация об основной теореме алгебры. Разложение многочлена с комплексными коэффициентами на линейные множители. Разложение многочлена с действительными коэффициентами на линейные и неприводимые квадратичные множители. Разложение правильной дроби в сумму простейших дробей.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в методы синхротронных и нейтронных исследований биологических систем

Цель дисциплины:

формирование у обучающихся понимания физических принципов синхротронного излучения и нейтронного излучения, взаимодействия излучения с биологическими объектами, а также формирование представления об использовании этих методов для решения задач структурной биологии, знакомство с различными источниками рентгеновского излучения и нейтронного излучения.

Задачи дисциплины:

1. Знакомство обучающихся с базовыми физическими принципами синхротронного и нейтронного излучения и взаимодействия излучения с биологическими объектами.
2. Знакомство обучающихся с возможностями использования методов синхротронного и нейтронного излучения для решения задач структурной биологии.
3. Знакомство обучающихся с различными источниками синхротронного излучения и излучения нейтронов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- 1) Базовые физические принципы синхротронного и нейтронного излучения, взаимодействия излучения с биологическими объектами.
- 2) Возможности использования методов синхротронного и нейтронного излучения для решения задач структурной биологии.
- 3) Различные источники синхротронного излучения и излучения нейтронов.

уметь:

- 1) Применять знания о базовых физических принципах синхротронного и нейтронного излучения для решения фундаментальных профессиональных задач.

- 2) Творчески использовать в научной деятельности знания о возможностях использования методов синхротронного и нейтронного излучения для решения задач структурной биологии.
- 3) Выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах.
- 4) Критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника.
- 5) Генерировать новые идеи и методические решения.
- 6) Осуществлять проектирование своей научной деятельности.
- 7) Представлять свои научные результаты в устных докладах.

владеть:

- 1) Методами теоретического и экспериментального исследования.
- 2) Навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных), обработки, анализа и систематизации информации.
- 3) Навыками критического анализа и оценки современных научных достижений.

Темы и разделы курса:

1. Основные группы методов изучения вещества на микро-, нано- и атомном уровне

Визуализационные методы (микроскопия, «имиджинг»), дифракционные и спектроскопические. Ограничения методов, связанные с природой и характеристиками используемого излучения.

2. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом. Часть I

Уравнения Максвелла и волновое уравнение. Плоская монохроматическая волна, дисперсионное уравнение, фазовая скорость. Связь диэлектрической проницаемости с показателем преломления.

3. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Часть II

Рассеяние свободным электроном (томсоновское), сечение рассеяния. Показатель преломления в рентгеновском диапазоне. Атомные факторы (амплитуды) рассеяния.

4. Взаимодействие нейтронного излучения с веществом

Рассеяние нейтронов на ядрах атомов, ванадиевые стандарты, нейтронная дифракция на кристалле.

5. Методы синхротронного и нейтронного излучения для задач структурной биологии

Возможности и спектр задач структурной биологии для методов синхротронного и нейтронного излучения. Рентгеновская дифракция на белковых кристаллах. Малоугловое рентгеновское и нейтронное рассеяние для структурных исследований биологических объектов.

6. Поколения источников синхротронного излучения

Базовое представление о магнитной структуре накопителей — источников синхротронного излучения. Источники синхротронного излучения четвертого поколения. Рентгеновские лазеры на свободных электронах и исследовательские задачи, решаемые с их помощью.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в молекулярную спектроскопию

Цель дисциплины:

Целью дисциплины “Введение в молекулярную спектроскопию” является формирование базовых знаний по спектрам молекул, физическим свойствам молекул, в первую очередь, структуре энергетических уровней, пространственной структуре, симметрии молекул, а также, знакомство студентов с последними достижениями в этой области. Молекулярная спектроскопия обеспечивает возможность исследования структуры и параметров молекул как в стационарном, так и, в особенности, в возбужденных состояниях, важных для исследования фотофизических и химических процессов.

Задачи дисциплины:

Задачами учебной дисциплины являются: – освоение студентами знаний по спектрам молекул, свойствам симметрии молекул; формирование у них научной культуры, формирование исследовательских навыков и способности применять полученные знания на практике.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные концепции, законы и принципы, лежащие в основе молекулярной спектроскопии;

основные методы, применяемые в современных экспериментах по изучению спектров молекул;

основные результаты открытий и исследований, определивших пути развития молекулярной спектроскопии;

принципиальные особенности спектров молекул различной симметрии.

уметь:

проводить самостоятельно и в коллективе экспериментальные или теоретические исследования в области молекулярной спектроскопии;

анализировать и обобщать результаты экспериментальных исследований;

видеть и оценивать основные проблемы и ставить новые задачи;

уметь получать наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценить степень их достоверности.

владеть:

методикой экспериментальной работы со спектрами молекул;

культурой проведения модельных расчетов;

основными навыками представления своих результатов на семинарах, конференциях;

навыками освоения большого объема информации, включая работу с научной литературой;

основными навыками написания научных статей.

Темы и разделы курса:

1. Введение

Виды движения в молекуле. Разделение движений электронной и ядерной подсистем (адиабатическое приближение). Разделение колебательного и вращательного движений ядер. Общая схема энергетических уровней молекулы.

Спонтанные и вынужденные радиационные процессы. Спектры поглощения и испускания. Вероятности переходов в спектрах поглощения и испускания. Приближение Кондона. Двухфотонные процессы (рэлеевское и комбинационное рассеяние, двухквантовое поглощение).

Общая классификация молекулярных спектров (по типам переходов и по экспериментальным методам).

2. Электронная структура молекул и химическая связь

Связь спектроскопии и теории валентности. Вариационный принцип. Теорема Гельмана-Фейнмана. Теореме вириала. Основные методы расчета электронной структуры молекул: метод молекулярных орбиталей (МО) и метод валентных связей (ВС).

А. Двухатомные молекулы. Метод ЛКАО МО. Молекулярный ион водорода. Молекула водорода и другие молекулы с одинаковыми ядрами. Двухатомные молекулы с разными ядрами. Гомеополлярные и гетерополлярные связи.

Метод ВС. Рассмотрение молекулы водорода по Гайтлеру и Лондону. Другие молекулы с одинаковыми ядрами. Молекулы с разными ядрами в методе ВС.

Б. Многоатомные молекулы. Многоатомные молекулы с локализованными связывающими электронами. Направленная валентность и геометрия молекул, σ - и π -связи. Валентные состояния атома углерода. Гибридизация волновых функций. Молекулы с делокализованными π -электронами. Молекула бензола. Металлическая модель молекулы и ее применение к соединениям с сопряженными связями (полиены, ароматические углеводороды и др.). Водородная связь.

3. Симметрия молекул

Преобразования симметрии. Группы преобразований. Классы. Основные точечные группы симметрии молекул. Представления групп. Неприводимые представления и их свойства. Характеры неприводимых представлений. Неприводимые представления точечных групп. Общая классификация термов по типам симметрии. Правила отбора для матричных элементов. Снятие вырождения под действием возмущений. Классификация молекулярных колебаний по типам симметрии.

4. Вращательные спектры молекул

Типы волчков. Вращательные уровни и вращательные переходы у линейных молекул. Чередование интенсивностей. Пара и ортоводород. Вращательные уровни молекул типа сферического волчка. Вращательные уровни и вращательные переходы в случае молекул типа симметричного (и асимметричного) волчка.

Вращательные спектры и структура молекул.

Экспериментальные методы исследования вращательных спектров: поглощение в микроволновой и инфракрасной области, комбинационное рассеяние света. Применение эффектов Штарка и Зеемана.

5. Колебательные спектры молекул

Колебательные спектры

Классификация нормальных колебаний по типам симметрии. Характеристические колебания. Правила отбора для спектров ИК-поглощения и комбинационного рассеяния света. Анггармонизм колебаний. Резонанс Ферми. Связь колебательных спектров со строением молекул.

Вращательная структура колебательных полос. Взаимодействие колебаний с вращением. Центробежные и кориолисовы постоянные.

Экспериментальные методы исследования колебательных спектров: ИК-поглощение, комбинационное рассеяние, фурье-спектроскопия.

6. Электронные спектры двухатомных молекул

Симметрия двухатомных молекул. Классификация электронных состояний. Молекулярные электронные оболочки.

Колебательная структура электронных переходов. Схема Деландра. Продольные и поперечные серии. Принцип Франка-Кондона и распределение энергии в электронно-колебательном спектре.

Вращательная структура электронно-колебательных переходов. Диаграммы Фортра. Взаимодействие электронного движения с вращательным. Случаи сильного и слабого спин-орбитального взаимодействия. \square - удвоение.

Сплошные спектры двухатомных молекул. Предиссоциация.

7. Электронные спектры многоатомных молекул

Классификация электронных состояний многоатомных молекул по типам симметрии. Вибронные состояния. Мультиплетность термов. Взаимодействие электронного движения с колебательным. Эффект Яна-Теллера. Правила отбора в электронно-колебательном спектре. Принцип Франка-Кондона для многоатомных молекул. Проявление в спектре полносимметричных и неполносимметричных колебаний. Эффект Герцберга-Теллера

8. Основные закономерности в спектрах сложных молекул

Основные закономерности в спектрах сложных молекул

Переходы с излучением и безызлучательные переходы, их характерные времена. Спектры поглощения, флуоресценции и фосфоресценции. Кинетика затухания и квантовый выход люминесценции. Дихроизм поглощения и поляризация люминесценции. Замедленная флуоресценция. Триплет-триплетное поглощение. Горячая люминесценция.

Экспериментальные методы исследования. Измерения спектров, квантового выхода, поляризации, разгорания и затухания люминесценции. Спектры возбуждения люминесценции. Применение замороженных матриц. Селективное лазерное возбуждение. Лазерное фотовыжигание узких стабильных провалов. Охлажденные сверхзвуковые молекулярные пучки.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в нанотехнологию функциональных материалов

Цель дисциплины:

- освоение студентами фундаментальных знаний в области технологии создания наноструктур, изучение способов создания метаматериалов и функциональных материалов на их основе, методов исследования и контроля свойств нанообъектов и параметров технологических процессов.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области физики и технологии тонких пленок и поверхности твердого тела, используемых в этих дисциплинах методах исследования и контроля, интегрирующей общефизическую и общетеоретическую подготовку физиков и технологические основы современных инновационных сфер деятельности;

- обучение студентов принципам и методам создания нанoeлектронных устройств, выявление особенностей их функциональных характеристик в сравнении с микроэлектронными устройствами;

- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области нанoeлектроники в рамках выпускных работ на степень магистра.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- современные проблемы физики, химии, математики;
- теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях;
- принципы симметрии и законы сохранения;
- новейшие открытия естествознания;
- постановку проблем физико-химического моделирования;
- о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;
- работать на современном компьютерном оборудовании;
- абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций;
- планировать оптимальное проведение эксперимента.

владеть:

- планированием, постановкой и интерпретацией физических задач;
- научной картиной мира;
- навыками самостоятельной работы на современном компьютерном оборудовании;
- навыками самостоятельной работы на современном исследовательском оборудовании.

Темы и разделы курса:

1. От естественных материалов к искусственным.

Пути развития технологий – исторический аспект. Простые материалы. Металлы. Сплавы.

2. Структурированные материалы.

Композиты. Конструкционные материалы.

3. Управляемое формирование свойств.

Метаматериалы. Фотонные кристаллы. Интеллектуальные материалы. Функциональные материалы.

4. Классификация технологий.

Равновесные, неравновесные, квазиравновесные процессы. Виды производств. Технологические уклады.

5. Получение объемных материалов.

Плавка. Ковка. Термообработка. Прессование. Рост кристаллов.

6. Обработка материалов.

Механическая, химическая, лучевая обработка, гибридные технологии.

7. Методы контроля.

Методы контроля *in situ* и после («в процессе» и «после процесса»), разрушающие и не разрушающие. Оже-электронная спектроскопия. Масс-спектроскопия. Атомно-флуоресцентная спектроскопия. Электронная спектроскопия. Рентгеновские методы анализа. Оптическая микроскопия и спектроскопия, эллипсометрия. Методы, основанные на дифракции электронов и рассеянии ионов.

8. Исследование процессов и исследование структур.

Эпитаксия. Вакуумные технологии.

9. Использование методов тонкопленочных и планарных технологий для создания современных материалов.

Создание многослойных, дву-, трёх- мерных и периодических структур, в т. ч. с резонансными включениями на основе элементов с распределенными и сосредоточенными параметрами.

10. Получение структур с заданными свойствами.

Планирование технологического эксперимента. Оптимизация технологических процессов.

11. Примеры конкретных разработок.

Использование методов, применяемых в планарной технологии электроники для создания материалов с качественно новыми свойствами.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в научное программирование на языке Kotlin

Цель дисциплины:

Овладение студентами правил языком программирования Kotlin и приемами использования языка Kotlin для решения научно-вычислительных задач.

Задачи дисциплины:

Приобретение студентами навыков проектирования и реализации приложений на языке Kotlin с использованием приемов объектно-ориентированного программирования, примитивов многопоточности и веб-технологий.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

принцип исполнения программ на Java с использованием JVM;

типы данных языка Kotlin;

управление потоком выполнения в Kotlin;

иерархию классов стандартной библиотеки;

идеологию функционального программирования;

основы численных методов.

уметь:

решать вычислительные задачи с использованием языка программирования высокого уровня.

владеть:

навыками работы с объектами и потоками, и кругозором в выборе архитектурного решения поставленной задачи.

Темы и разделы курса:

1. Представление программы в ЭВМ. Компиляция и интерпретация.

- Программа как набор инструкций. Эволюция программ.
- Структура памяти. Segmentation fault.
- Парадигмы программирования. Генеалогия языков.
- Виртуальные машины, байт-код.
- Компиляция и оптимизации.
- Статическая и динамическая линковка. Библиотеки.
- Структура программы. Точки входа.

2. Инструменты современного программиста

- Системы автоматической сборки.
- Системы контроля версий.
- Интегрированные среды разработки.

3. Синтаксис и идиомы языка Kotlin

- Переменные, классы и объекты.
- Control flow. Процедурный и функциональный подход.
- Замыкания.
- Структуры данных и операции над ними.
- Свойства и делегаты.
- Параметрические типы.
- Расширения.
- Боксинг.
- Мультиплатформные проекты

4. Архитектура программы. Производительность вычислений.

- Абстракции и интерфейсы.
- Основы коллективной разработки при помощи современных инструментов.
- Идеология объектного программирования. Разделение поведений.
- Идеология функционального программирования.
- Научное программирование

5. Асинхронное и многопоточное программирование

- o Конкурентность. Разница между асинхронностью и параллельностью.
- o Понятие корутины в Kotlin.
- o Контекст выполнения корутины
- o Structured concurrency, CoroutineScope
- o Использование корутин для параллельных вычислений.

6. Технология Kotlin-multiplatform

- o Multiplatform vs cross-platform. Платформенные диалекты языка Kotlin
- o Kotlin-JS, интеграция с JavaScript
- o Kotlin-Native. Особенности формата KLib

7. Научное программирование

- o Специфика программирования в науке
- o Производительность. Когда пора оптимизировать, а когда еще не стоит?
- o Боксинг и война с ним.
- o Генераторы случайных чисел и Монте-Карло моделирование.
- o Использование научных библиотек.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в нелинейную физику

Цель дисциплины:

Курс имеет целью дать основные представления о нелинейной физике и познакомить студентов с фундаментальными концепциями, созданными для описания разнообразных нелинейных явлений.

Задачи дисциплины:

Ввести студентов в новую для них область физики.

Познакомить с основными физическими эффектами, играющими главную роль в объяснении нелинейных явлений.

Дать физическую картину взаимосвязи физических эффектов, приводящих к таким явлениям, как солитоны и ударные волны.

Дать основы теоретического аппарата, позволяющего решать простые задачи нелинейной физики.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные явления нелинейной физики

уметь:

объяснять наблюдаемые в природе и лаборатории явления нелинейной физики

владеть:

теоретическим аппаратом, позволяющим оценить основные параметры и характеристики явлений

Темы и разделы курса:

1. Роль нелинейности в эволюции интенсивных волн. Опрокидывание волны. Уравнение Хопфа

В линейной физике скорость волны не зависит от её амплитуды. Однако для интенсивных импульсов положение меняется и скорость становится функцией амплитуды волны. В результате профиль волнового импульса изменяется в процессе эволюции и ведёт к её опрокидыванию волны. В простейшем случае такая эволюция описывается уравнением Хопфа.

2. Взаимное действие нелинейности и вязкости. Ударные волны. Уравнение Бюргерса

В реальных физических системах помимо нелинейности присутствуют и другие эффекты, в частности, вязкость. Если она доминирует по сравнению с дисперсией, то опрокидывание волны устраняется и совместное действие нелинейности и вязкости ведет к образованию ударных волн. Слабые ударные волны описываются уравнением Бюргерса.

3. Взаимодействие эффектов нелинейности и дисперсии. Солитон. Уравнение Кортевега-де Фриза

Есть среды, в которых вязкость на характерных временах эволюции пренебрежимо мало и доминирует дисперсия, что может привести к образованию «уединенных волн» или «солитонов». Уравнение Кортевега-де Фриза и основные свойства солитонов.

4. Нелинейная эволюция «волн огибающих». Нелинейное уравнение Шрёдингера. Импульсы в световодах

Есть среды, в которых вязкость на характерных временах эволюции пренебрежимо мало и доминирует дисперсия, что может привести к образованию «уединенных волн» или «солитонов». Уравнение Кортевега-де Фриза и основные свойства солитонов.

5. Самоиндуцированная прозрачность и уравнение синус-Гордон

Если интенсивная световая волна находится в резонансе с атомными переходами, то описание отклика среды с помощью нелинейного вклада в диэлектрическую проницаемость становится невозможным и одновременно с уравнениями для распространения света необходимо рассматривать динамику внутриатомных переходов. Этот процесс описывается уравнениями самоиндуцированной прозрачности или, в случае строгого резонанса, уравнением синус-Гордон. Импульс самоиндуцированной прозрачности.

6. Модуляционная неустойчивость и самофокусировка световых пучков

Нелинейная поправка к диэлектрической проницаемости может увеличивать показатель преломления в области световой волны, что ведет к её неустойчивости: изначально однородный профиль приобретает модуляцию, ведущую в конечном счёте к самофокусировке пучков света. Характерная дистанция самофокусировки.

7. Взаимодействие волн. Генерация второй гармоники

Волна может быть не только с атомными переходами, но и с гармониками другой волны, и нелинейность отклика ведёт к взаимодействию этих волн. Основные характеристики этого явления на примере генерации второй гармоники.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в нелинейную электродинамику плазмы

Цель дисциплины:

Формирование базовых знаний по электродинамике плазмы для дальнейшего использования в других областях физического знания и дисциплинах естественнонаучного содержания; формирование физической культуры, исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся базовых знаний по электродинамике плазмы;
- формирование общефизической культуры;
- формирование умений и навыков применять полученные знания для решения физических задач, самостоятельного анализа полученных результатов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- физические основы нелинейной электродинамики плазмы.

уметь:

- объяснять принципы построения электродинамических моделей плазмы;
- представлять область применимости методов нелинейной электродинамики плазмы и их реализацию.

владеть:

- математическим аппаратом и методами построения моделей нелинейной электродинамики плазмы.

Темы и разделы курса:

1. Линейная электродинамика плазмы

Уравнения Максвелла, диэлектрическая проницаемость линейной среды с дисперсией (общие соотношения). Дисперсионное уравнение в изотропной среде, продольные и поперечные волны, групповая и фазовая скорости волны.

2. Модели плазмы в линейном приближении

Одночастичная модель плазмы со столкновениями (диэлектрическая проницаемость, затухание волн). Одночастичная модель плазмы в магнитном поле (волны вдоль магнитного поля). Гидродинамическая модель плазмы (дисперсия ленгмюровских волн, ионно-звуковые волны). Кинетическая модель плазмы, затухание Ландау.

3. Нелинейная электродинамика плазмы

Нелинейные процессы в плазме в квадратичном и кубичном приближениях (параметры разложения, самовоздействие волн, самофокусировка). Одночастичная модель плазмы в квадратичном приближении, нелинейная диэлектрическая проницаемость на комбинационных частотах.

4. Усредненное воздействие излучения на плазму

Ток увлечения. Усредненная сила высокочастотного давления. Гидродинамическое описание плазмы в высокочастотном электромагнитном поле. Квазинейтральное приближение.

5. Укороченные нелинейные уравнения взаимодействия волн

Трехволновое взаимодействие. Законы сохранения. Распадные процессы, вынужденное рассеяние Манделштама- Бриллюэна и Рамана.

6. Ультракороткие интенсивные лазерные импульсы в плазме

Генерация и чирпированное усиление фемтосекундных лазерных импульсов. Распространение ультракоротких интенсивных лазерных импульсов в плазме (релятивистская и пондеромоторная нелинейности). Кильватерные волны электронной плотности, возбуждаемые ультракоротким релятивистски-интенсивным лазерным импульсом в плазме. Лазерно-плазменные методы ускорения электронов и ионов и генерация жесткого излучения.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в общую и биоорганическую химию

Цель дисциплины:

Целью данного интегрального лекционно-практического курса «Введение в общую и биоорганическую химию» является формирование основ химической грамотности у студентов нехимических специальностей, показывает место химии в современном естествознании, демонстрирует особенности химического подхода к изучению окружающего мира, дает представление о методологии и подходах химии к изучению химических свойств вещества, формирует взаимосвязи между науками естественного цикла. Данный курс служит предшественником для курса «Введение в биологическую химию», поэтому основное внимание уделено рассмотрению основных реакций органических веществ, которые представляют собой упрощенные модели процессов, происходящих в и между биомолекулами. Однако для формирования устойчивых представлений об основных закономерностях протекания физико-химических процессов, курс включает ряд тем, традиционно входящих в курс общей химии: закономерности изменения свойств элементов и их соединений, основы химической термодинамики и особенности поведения электролитов и неэлектролитов.

Достижение поставленных целей осуществляется на основе знакомых студентам концепций из курса общей физики о строении атома, межмолекулярных взаимодействиях и об изменении термодинамических характеристик системы, что обеспечивает интеграцию новых понятий и представлений в существующую систему, сформированную в рамках курсов физики и математики.

Задачи дисциплины:

- Знакомство с основными понятиями и концепциями в биоорганической химии, а также с базовыми разделами общей химии, взаимосвязь с физикой и математикой;
- Рассмотрение основных механизмов органических реакций и использование их для объяснения и предсказания продуктов и их атомного и молекулярного строения
- Формирование у обучающихся интегральной картины мира - взаимосвязи наблюдаемых физических и химических явлений, строения вещества с его свойствами.
- Формирование устойчивого понимания об узнаваемости явлений окружающего мира в том числе процессов, происходящих в биологических системах, и преемственности в подходах их описания через аппарат химической науки.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия общей и органической химии;
- основные свойства важнейших классов органических соединений и их применение;
- основные механизмы органических реакций.

уметь:

- изображать строение типичных представителей классов органических соединений по названию и называть их по структурным формулам на основе знания принципов построения номенклатуры и изомерии,
- предсказывать основные свойства вещества исходя из его строения
- строить предположения о возможном механизме протекающего физико-химического процесса.

владеть:

- правилами построения названий и номенклатуры органических соединений с умением изображать графически представителей их основных классов,
- системой формирования научного познания (гипотеза-эксперимент-теория).

Темы и разделы курса:

1. Модель строения атома. Периодическая система.

Модель строения атома. Периодическая система. Протоны и нейтроны. Атомная масса и изотопы. Атомная орбиталь. Уравнение Шрёдингера. Квантовые числа. Принцип Паули и правило Хунда. Радиус атома. Электроотрицательность. Металлы и неметаллы.

2. Механизмы образования химической связи между атомами.

Типы химической связи, механизмы ее образования. Метод валентных связей. Правило октета. Длина и энергия связи. Ковалентная и ионная связь. Степень окисления. Донорно-акцепторный механизм. Водородная связь. Метод молекулярных орбиталей. Геометрия молекул и метод Гиллеспи. Химия соединений углерода. Гибридизация. Координационные соединения. Переходные металлы. Лиганд. Координационное число. Дентантность. Хелатные комплексы. Понятие изомерии.

3. Химическая термодинамика и кинетика. Химическое равновесие.

Движущие силы реакции. Тепловой эффект. Энтальпия. Функция состояния. Закон Гесса. Стандартные условия. Энтропия (по Клаузиусу). Энергия Гиббса. Условия протекания реакций. Скорость реакции. Влияние природы веществ, концентрации. Кинетическое уравнение. Закон действующих масс. Молярная концентрация. Порядок реакции.

Молекулярность реакции. Элементарные реакции. Скорость лимитирующая стадия. Реакции первого и второго порядка. Нуклеофильное замещение по механизму SN1 и SN2. Нуклеофилы и электрофилы. Радикальные реакции. Влияние на скорость реакции температуры. Правило Вант-Гоффа. Уравнение Аррениуса. Энергия активации. Координата реакции. Катализатор. Гомогенный и гетерогенный катализ. Химическое равновесие - прямая и обратная реакции. Константа равновесия. Способы смещения константы равновесия, принцип Ле-Шателье.

4. Окислительно-восстановительные реакции.

Степень окисления, определение степени окисления элемента в соединении и возможных степеней окисления из электронного строения атома. Окислитель, восстановитель. Окислительно-восстановительные реакции. Уравнивание ОВР методом электронного и электронно-ионного баланса. Стандартный электродный потенциал. Уравнение Нернста.

5. Межмолекулярные взаимодействия. Энергия гидратации и кристаллической решетки.

Типы межмолекулярных взаимодействий. Кристаллическая решетка. Растворение ионных веществ в воде. Энергия гидратации и энергия кристаллической решетки. Цикл Борна-Габера. Примеры взаимной растворимости.

6. Растворы и их свойства. Кислоты и основания. pH Коллоидные системы.

Теория диссоциации. Электролиты и их классификация. Степень диссоциации. Реакции ионного обмена, движущие силы реакций ионного обмена. Полная и сокращенная формы ионных уравнений. Теория кислот и оснований Аррениуса. Реакции ионного обмена. Изменения кислотно-основные свойства гидроксидов в периоде и группе. Индуктивный эффект. Константа кислотности. Теория Брэнстеда-Лоури. Амфолиты. Определение pH. Буферные растворы. Индикаторы и pH-метрия. Гидролиз солей. Взаимоусиливающийся гидролиз. Коллоидные системы. Классификация и свойства. Эффект Тиндаля. Золь и мицеллы золя.

7. Предмет органической химии. Алканы и циклоалканы. Изомерия.

Теория строения органических соединений, гибридизация, углы и длины связей, σ - и π -связи. Функциональные группы. Основы номенклатуры органических соединений. Конфигурации и конформации. Изомеры. Конформации этана. R-/S-номенклатура, представление о D-/L-номенклатуре. Физические и химические свойства алканов и циклоалканов. Радикалы - их строение и устойчивость. Радикальные реакции. Малые и средние циклы, напряженность циклов. Цис- и транс-изомерия циклоалканов. Конформеры моно- и дизамещенных циклоалканов (аксиальные и экваториальные положения).

8. Ненасыщенные углеводороды и их свойства. Реакции электрофильного присоединения. Полимеризация.

Углеводороды с кратными связями. E/Z-номенклатура. Классификация органических реакций. Понятие об электрофилах и нуклеофилах. Реакции электрофильного присоединения по кратной связи и их энергетический профиль. Правило Марковникова. Кислотные свойства терминальных алкинов. Полимеры и механизмы реакций полимеризации: радикальный и ионный.

9. Полиненасыщенные углеводороды и ароматические соединения. Явление резонанса. Энергия сопряжения.

Углеводороды с сопряженными двойными связями: алкадиены и ароматические углеводороды, энергия сопряженных связей. Алкадиены. Теория резонанса. Бензол и ароматическая π -электронная система. Правило Хюккеля. Номенклатура ароматических и циклических соединений. Резонансные структуры. Радикалы с сопряжением. Электрофильное присоединение для сопряженного диена. Термодинамический и кинетический контроль реакции. Полициклические и гетероциклические системы. Ароматические биомолекулы. Строение азотистых оснований ДНК. Стекинг взаимодействие. Катион- π взаимодействие.

10. Электронные эффекты в органических соединениях. Влияние заместителей на свойства аренов.

Индуктивный и мезомерный эффекты. Реакции электрофильного замещения в ароматическом кольце. Кислоты и основания по Льюису. Реакция Дильса-Альдера. Галогенирование, нитрование, сульфирование. Реакции алкилирования и ацилирования по Фриделю-Крафтсу и примеры из биохимии. Замещенные ароматические соединения. Направляющий эффект заместителей. Активирующие и деактивирующие функциональные группы. Кинетический и термодинамический контроль пути протекания реакции. Тризамещенные производные бензола. Биохимические реакции алкилбензолов. Комбинаторная химия и поиск новых лекарственных препаратов.

11. Спирты, фенолы и их свойства. Механизмы реакций нуклеофильного замещения и элиминирования. Кислотно-основные свойства спиртов и фенолов. Многоатомные спирты и комплексообразование.

Молекулярное строение и номенклатура спиртов и фенолов. Физические и кислотно-основные свойства. Влияние заместителей на кислотные свойства спиртов и фенолов. Реакции нуклеофильного замещения по механизму S_N1 и S_N2 , реакция элиминирования по механизму $E1$ и $E2$. Факторы, влияющие на протекание реакции по конкретному механизму. Устойчивость карбокатионов и анионов. Правило Зайцева. Реакция элиминирования по механизму $E1$ и $E2$. Сравнение реакций нуклеофильного замещения и элиминирования. . Окисление спиртов. Биохимия этилового спирта в организме человека. Простые эфиры и реакция Вильямсона. Глицерин и многоатомные спирты. Качественная реакция с гидроксидом меди (II). Сахараты меди.

12. Альдегиды и кетоны – строение и свойства, основные механизмы реакций. Кето-енольная таутомерия. Введение в химию углеводов. Проекция Фишера

Карбонильные соединения - электронное строение, свойства и номенклатура альдегидов и кетонов. Реакции нуклеофильного присоединения. Реакция гидратации, катализируемая кислотами и щелочами. Образование ацетала и полуацетала. C-H кислоты. Основание Шиффа. Кето-енольная таутомерия. Образование енола. Реакции замещения у атома углерода в альфа-положении. Галоформная реакция. Реакции с енолят-ионом. Альдольная и альдольно-кетоновая конденсация, катализируемые кислотами и основаниями. Фенолформальдегидные смолы.

Реакции замещения у атома углерода в альфа-положении. Галоформная реакция. Реакции с енолят-ионом. Альдольная и альдольно-кетоновая конденсация, катализируемые кислотами и основаниями.

Номенклатура углеводов- альдозы и кетозы. Циклическая форма. Оптическая изомерия углеводов и проекция Фишера. L,D-конфигурация. Аномеры - пиранозы и фуранозы.

Гликозидная связь. Дисахариды. Полисахариды - целлюлоза, крахмал и гликоген. Рибоза и дезоксирибоза. Строение нуклеиновых кислот.

Реакция “серебряного зеркала”. Окисление глюкозы. Взаимное превращение глюкозы в фруктозу.

13. Карбоновые кислоты, сложные эфиры и их производные.

Номенклатура, электронное строение карбоксильной группы. Кислотно-основные свойства карбоксильных соединений, влияние заместителей. Реакции нуклеофильного замещения у карбонильного атома углерода.

Ангидриды и галогенангидриды. Амиды. Реакция этерификации по Фишеру. Использование насадки Дина-Старка в лабораторной практике. Доказательство механизма этерификации изотопным методом. Кислотный и щелочной гидролиз сложных эфиров. Переэтерификация. Конденсация Кляйзена. Полимеры на основе сложных эфиров - полиэстер. Биоразлагаемые полимеры. Бета-лактамы антибиотики – пенициллины и ампициллин.

14. Введение в химию жиров. Азотсодержащие органические соединения. Гетероциклы.

Строение растительных и животных триацилглицеридов. Гидролиз жиров. Насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты. Омега-ненасыщенные жирные кислоты. Гидрирование жирных кислот. Цис- и транс-жиры. Омыление жиров. Детергенты и принцип действия мыла. Детергентные мицеллы. Липиды и фосфолипиды. Фосфолипидный бислой - биологическая мембрана. Плотность упаковки. Фазовый переход в липидном бислое.

Электронное строение и физические свойства аммиака и аминов. Номенклатура аминов и гетероциклических соединений. Кислотно-основные свойства аминов и влияние заместителей на них. Реакции нуклеофильного замещения в аминах и ариламинах. Алкилирование и ацилирование аминов. Реакции диазотирования и азосочетания. Азокрасители. Амиды и амидная связь. Таутомерия в амидах. Кислотный и щелочной гидролиз амидной связи.

15. Введение в химию аминокислот, пептидов и белков.

Аминокислоты - строение и номенклатура. Амфотерные свойства аминокислот. Титрование и изоэлектрическая точка. L,D - номенклатура. Пептиды и белки. Пептидная связь как частный случай амидной связи. Уровни пространственной организации белковых молекул и методы исследования. Методы секвенирования белков. Ферментативный гидролиз белков. Двугранные углы фи и пси в белках. Карты Рамачандрана. Вторичная структура белков. Альфа-спирали. Бета-листы. Бета-повороты. Спираль коллагена и другие спиральные структуры в белках. Третичная структура. Дисульфидные связи в молекуле инсулина. Четвертичная структура на примере белка гемоглобина. Кооперативность. Серповидная клеточная анемия.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в общую теорию относительности

Цель дисциплины:

– познакомить студентов с основными методами решения уравнений Эйнштейна в задачах релятивистской астрофизики и космологии.

Задачи дисциплины:

- о продемонстрировать применения методов ОТО к решению основных задач космологии и астрофизики.
- о научить формулировать задачи космологии и астрофизики на математическом языке ОТО.
- о дать приобрести первоначальные навыки в решении основных типов задач ОТО в областях космологии и астрофизики.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные методы ОТО, применяемые в решении основных задач космологии и астрофизики: основные методы ОТО, применяемые в решении основных задач космологии и астрофизики.

уметь:

- формулировать и решать задачи космологии и астрофизики на математическом языке ОТО (решение уравнений Эйнштейна в частных случаях, небесная механика в окрестности черных дыр и др.)

владеть:

- навыками применения освоенных методов ОТО в решении задач космологии и астрофизики.

Темы и разделы курса:

1. Симметрии действия

Группа инвариантности действия.

Общая формула вариации действия при произвольном преобразовании.

Инвариантность действия при конечномерных преобразованиях: 1-я теорема Нетер.

Инвариантность при бесконечномерных (калибровочных) преобразованиях: 2-я теорема Нетер.

Связи и тождества Нетер. Количество степеней свободы в калибровочных теориях.

Калибровка. Примеры: связи и тождества Нетер в электродинамике.

Связи и тождества Нетер в ОТО.

2. Решение уравнений Эйнштейна по теории возмущений

Возмущения метрики как калибровочные поля.

Калибровочные преобразования для возмущений метрики.

Тензор с обратным следом. Калибровка Лоренца.

Поперечно-бесследовая калибровка.

Линеаризованный тензор Римана.

Линеаризованные уравнения Эйнштейна.

Гравитационные волны.

Коротковолновое приближение.

Распространение гравитационных волн.

Эффективный тензор энергии-импульса гравитационных волн.

Излучение гравитационных волн.

3. Сферически-симметричные решения уравнений Эйнштейна

Определение сферической симметрии.

Общий вид сферически-симметричной метрики.

Обобщенная теорема Биркгофа.

Сферически-симметричное решение уравнений Эйнштейна в пустоте.

Метрика Шварцшильда.

Шварцшильдовские черные дыры.

Смысл особенностей в центре и на гравитационном радиусе в метрике Шварцшильда.

Ускорение покоящегося наблюдателя.

Радиальное падение безмассовой и массивной частиц.

Гравитационное красное и фиолетовое смещения.

4. Небесная механика в сферически-симметричной метрике

Классические тесты ОТО. Вывод формулы для прецессии перигелия Меркурия.

Вывод угла отклонения света гравитационным полем Солнца.

Вывод гравитационного запаздывания радарного эха Марса.

5. Черные дыры.

Горизонт событий. Сингулярность.

Ловушечная поверхность.

Принцип космической цензуры.

Теорема Хокинга. Теорема "об отсутствии волос" у черных дыр.

Параметры стационарных черных дыр.

Метрики Шварцшильда, Керра, Керра-Ньюмана, Рейсснера-Нордстрема.

6. Небесная механика в окрестности черных дыр

Классификация траекторий в метрике Шварцшильда. Пространство-время вращающейся черной дыры Керра.

Горизонт, предел статичности и эргосфера. Небесная механика в геометрии Керра.

Траектории с отрицательной энергией. Идея Пенроуза об извлечении энергии из вращающихся черных дыр.

7. Максимально-симметричные пространства.

Алгебра векторов Киллинга и геометрия. Однородность, изотропия и теоремы о них.

Максимальная симметрия и ее связь с однородностью и изотропией.

Тензор Римана максимально-симметричного пространства. Пространства постоянной кривизны. Конформная плоскостность. Координатная эквивалентность.

Метрика максимально-симметричного пространства. Пространства Лобачевского, де-Ситтера, анти-де-Ситтера.

8. Пространства с максимально-симметричным подпространством.

Пространственно однородные и изотропные решения.

Уравнения Эйнштейна с метрикой Робертсона-Уокера.

Ограничения на вещество.

Решения Фридмана для излучения, пыли и космологической постоянной.

9. Физические эффекты расширения Вселенной

Разбегание галактик.

Движение массивных и безмассовых частиц в расширяющейся вселенной.

Космологическое красное смещение.

Способы измерения расстояний в расширяющейся вселенной.

Эффект линзы.

Парадокс Ольберса.

10. Теория инфляции.

Теория горячей вселенной.

Реликтовое излучение.

Проблемы плоскостности и горизонта.

Инфляция (раздувание) как решение этих проблем.

Скалярное поле как генератор раздувания.

Теория инфляции.

Генерация неоднородностей в инфляции.

Проблема разогрева.

Полная история Вселенной.

11. Гравитационная неустойчивость

Теория Джинса.

Гравитационная неустойчивость в расширяющейся вселенной.

Скалярные, векторные и тензорные моды, их смысл.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в общую теорию относительности

Цель дисциплины:

– познакомить студентов с основными методами решения уравнений Эйнштейна в задачах релятивистской астрофизики и космологии.

Задачи дисциплины:

- о продемонстрировать применения методов ОТО к решению основных задач космологии и астрофизики.
- о научить формулировать задачи космологии и астрофизики на математическом языке ОТО.
- о дать приобрести первоначальные навыки в решении основных типов задач ОТО в областях космологии и астрофизики.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные методы ОТО, применяемые в решении основных задач космологии и астрофизики: основные методы ОТО, применяемые в решении основных задач космологии и астрофизики.

уметь:

- формулировать и решать задачи космологии и астрофизики на математическом языке ОТО (решение уравнений Эйнштейна в частных случаях, небесная механика в окрестности черных дыр и др.)

владеть:

- навыками применения освоенных методов ОТО в решении задач космологии и астрофизики.

Темы и разделы курса:

1. Симметрии действия

Группа инвариантности действия.

Общая формула вариации действия при произвольном преобразовании.

Инвариантность действия при конечномерных преобразованиях: 1-я теорема Нетер.

Инвариантность при бесконечномерных (калибровочных) преобразованиях: 2-я теорема Нетер.

Связи и тождества Нетер. Количество степеней свободы в калибровочных теориях.

Калибровка. Примеры: связи и тождества Нетер в электродинамике.

Связи и тождества Нетер в ОТО.

2. Решение уравнений Эйнштейна по теории возмущений

Возмущения метрики как калибровочные поля.

Калибровочные преобразования для возмущений метрики.

Тензор с обратным следом. Калибровка Лоренца.

Поперечно-бесследовая калибровка.

Линеаризованный тензор Римана.

Линеаризованные уравнения Эйнштейна.

Гравитационные волны.

Коротковолновое приближение.

Распространение гравитационных волн.

Эффективный тензор энергии-импульса гравитационных волн.

Излучение гравитационных волн.

3. Сферически-симметричные решения уравнений Эйнштейна

Определение сферической симметрии.

Общий вид сферически-симметричной метрики.

Обобщенная теорема Биркгофа.

Сферически-симметричное решение уравнений Эйнштейна в пустоте.

Метрика Шварцшильда.

Шварцшильдовские черные дыры.

Смысл особенностей в центре и на гравитационном радиусе в метрике Шварцшильда.

Ускорение покоящегося наблюдателя.

Радиальное падение безмассовой и массивной частиц.

Гравитационное красное и фиолетовое смещения.

4. Небесная механика в сферически-симметричной метрике

Классические тесты ОТО. Вывод формулы для прецессии перигелия Меркурия.

Вывод угла отклонения света гравитационным полем Солнца.

Вывод гравитационного запаздывания радарного эха Марса.

5. Черные дыры.

Горизонт событий. Сингулярность.

Ловушечная поверхность.

Принцип космической цензуры.

Теорема Хокинга. Теорема "об отсутствии волос" у черных дыр.

Параметры стационарных черных дыр.

Метрики Шварцшильда, Керра, Керра-Ньюмана, Рейсснера-Нордстрема.

6. Небесная механика в окрестности черных дыр

Классификация траекторий в метрике Шварцшильда. Пространство-время вращающейся черной дыры Керра.

Горизонт, предел статичности и эргосфера. Небесная механика в геометрии Керра.

Траектории с отрицательной энергией. Идея Пенроуза об извлечении энергии из вращающихся черных дыр.

7. Максимально-симметричные пространства.

Алгебра векторов Киллинга и геометрия. Однородность, изотропия и теоремы о них.

Максимальная симметрия и ее связь с однородностью и изотропией.

Тензор Римана максимально-симметричного пространства. Пространства постоянной кривизны. Конформная плоскостность. Координатная эквивалентность.

Метрика максимально-симметричного пространства. Пространства Лобачевского, де-Ситтера, анти-де-Ситтера.

8. Пространства с максимально-симметричным подпространством.

Пространственно однородные и изотропные решения.

Уравнения Эйнштейна с метрикой Робертсона-Уокера.

Ограничения на вещество.

Решения Фридмана для излучения, пыли и космологической постоянной.

9. Физические эффекты расширения Вселенной

Разбегание галактик.

Движение массивных и безмассовых частиц в расширяющейся вселенной.

Космологическое красное смещение.

Способы измерения расстояний в расширяющейся вселенной.

Эффект линзы.

Парадокс Ольберса.

10. Теория инфляции.

Теория горячей вселенной.

Реликтовое излучение.

Проблемы плоскостности и горизонта.

Инфляция (раздувание) как решение этих проблем.

Скалярное поле как генератор раздувания.

Теория инфляции.

Генерация неоднородностей в инфляции.

Проблема разогрева.

Полная история Вселенной.

11. Гравитационная неустойчивость

Теория Джинса.

Гравитационная неустойчивость в расширяющейся вселенной.

Скалярные, векторные и тензорные моды, их смысл.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в общую теорию относительности

Цель дисциплины:

– познакомить студентов с основными методами решения уравнений Эйнштейна в задачах релятивистской астрофизики и космологии.

Задачи дисциплины:

- о продемонстрировать применения методов ОТО к решению основных задач космологии и астрофизики.
- о научить формулировать задачи космологии и астрофизики на математическом языке ОТО.
- о дать приобрести первоначальные навыки в решении основных типов задач ОТО в областях космологии и астрофизики.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные методы ОТО, применяемые в решении основных задач космологии и астрофизики: основные методы ОТО, применяемые в решении основных задач космологии и астрофизики.

уметь:

- формулировать и решать задачи космологии и астрофизики на математическом языке ОТО (решение уравнений Эйнштейна в частных случаях, небесная механика в окрестности черных дыр и др.)

владеть:

- навыками применения освоенных методов ОТО в решении задач космологии и астрофизики.

Темы и разделы курса:

1. Симметрии действия

Группа инвариантности действия.

Общая формула вариации действия при произвольном преобразовании.

Инвариантность действия при конечномерных преобразованиях: 1-я теорема Нетер.

Инвариантность при бесконечномерных (калибровочных) преобразованиях: 2-я теорема Нетер.

Связи и тождества Нетер. Количество степеней свободы в калибровочных теориях.

Калибровка. Примеры: связи и тождества Нетер в электродинамике.

Связи и тождества Нетер в ОТО.

2. Решение уравнений Эйнштейна по теории возмущений

Возмущения метрики как калибровочные поля.

Калибровочные преобразования для возмущений метрики.

Тензор с обратным следом. Калибровка Лоренца.

Поперечно-бесследовая калибровка.

Линеаризованный тензор Римана.

Линеаризованные уравнения Эйнштейна.

Гравитационные волны.

Коротковолновое приближение.

Распространение гравитационных волн.

Эффективный тензор энергии-импульса гравитационных волн.

Излучение гравитационных волн.

3. Сферически-симметричные решения уравнений Эйнштейна

Определение сферической симметрии.

Общий вид сферически-симметричной метрики.

Обобщенная теорема Биркгофа.

Сферически-симметричное решение уравнений Эйнштейна в пустоте.

Метрика Шварцшильда.

Шварцшильдовские черные дыры.

Смысл особенностей в центре и на гравитационном радиусе в метрике Шварцшильда.

Ускорение покоящегося наблюдателя.

Радиальное падение безмассовой и массивной частиц.

Гравитационное красное и фиолетовое смещения.

4. Небесная механика в сферически-симметричной метрике

Классические тесты ОТО. Вывод формулы для прецессии перигелия Меркурия.

Вывод угла отклонения света гравитационным полем Солнца.

Вывод гравитационного запаздывания радарного эха Марса.

5. Черные дыры.

Горизонт событий. Сингулярность.

Ловушечная поверхность.

Принцип космической цензуры.

Теорема Хокинга. Теорема "об отсутствии волос" у черных дыр.

Параметры стационарных черных дыр.

Метрики Шварцшильда, Керра, Керра-Ньюмана, Рейсснера-Нордстрема.

6. Небесная механика в окрестности черных дыр

Классификация траекторий в метрике Шварцшильда. Пространство-время вращающейся черной дыры Керра.

Горизонт, предел статичности и эргосфера. Небесная механика в геометрии Керра.

Траектории с отрицательной энергией. Идея Пенроуза об извлечении энергии из вращающихся черных дыр.

7. Максимально-симметричные пространства.

Алгебра векторов Киллинга и геометрия. Однородность, изотропия и теоремы о них.

Максимальная симметрия и ее связь с однородностью и изотропией.

Тензор Римана максимально-симметричного пространства. Пространства постоянной кривизны. Конформная плоскостность. Координатная эквивалентность.

Метрика максимально-симметричного пространства. Пространства Лобачевского, де-Ситтера, анти-де-Ситтера.

8. Пространства с максимально-симметричным подпространством.

Пространственно однородные и изотропные решения.

Уравнения Эйнштейна с метрикой Робертсона-Уокера.

Ограничения на вещество.

Решения Фридмана для излучения, пыли и космологической постоянной.

9. Физические эффекты расширения Вселенной

Разбегание галактик.

Движение массивных и безмассовых частиц в расширяющейся вселенной.

Космологическое красное смещение.

Способы измерения расстояний в расширяющейся вселенной.

Эффект линзы.

Парадокс Ольберса.

10. Теория инфляции.

Теория горячей вселенной.

Реликтовое излучение.

Проблемы плоскостности и горизонта.

Инфляция (раздувание) как решение этих проблем.

Скалярное поле как генератор раздувания.

Теория инфляции.

Генерация неоднородностей в инфляции.

Проблема разогрева.

Полная история Вселенной.

11. Гравитационная неустойчивость

Теория Джинса.

Гравитационная неустойчивость в расширяющейся вселенной.

Скалярные, векторные и тензорные моды, их смысл.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в оптику

Цель дисциплины:

- формирование базовых представлений по классической оптике и способности применять их на практике.

Задачи дисциплины:

- знакомство с основными понятиями и методами геометрической и волновой оптики, получение навыков решения задач;

- овладение навыками расчёта динамики многоуровневых систем и приобретение понимания принципов работы лазера;

- активизация познавательного и исследовательского интереса учащихся;

- теоретическое сопровождение лабораторного практикума «Основы оптических измерений».

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основы геометрической и матричной оптики;

- принципы работы интерферометров Майкельсона и Фабри-Перо;

- идеи, лежащие в основе оптического гетеродинамирования и метода самосинхронизации мод;

- причины уширения спектральных линий и соответствующие им формы линий;

- принципы работы лазера;

- понятие фотонного кристалла.

уметь:

- применять метод ABCD матриц для анализа распространения гауссовых пучков и расчёта периодических сред;

- рассчитывать результат интерференции монохроматических волн совпадающих и различных частот;
- применять скоростные уравнения для расчёта динамики двух- и многоуровневых систем.

владеть:

- методами расчета оптических систем;
- методами оценки качества реальных оптических систем;
- навыками поиска и анализа научной информации по специальности.

Темы и разделы курса:

1. Геометрическая оптика

Уравнение эйконала. Принцип Ферма. Примеры применения принципа Ферма. Уравнение траектории луча в среде с известным распределением $n(x, y, z)$. Оптические элементы с градиентным показателем преломления.

матрицы. Матрицы простых оптических элементов. Матрицы периодических оптических систем. Условие устойчивости траектории оптической системы. Устойчивые и неустойчивые резонаторы. Условие гармонической траектории.

2. Оптика Гауссовых пучков

Волновое уравнение в параболическом приближении. Гауссов пучок: комплексная амплитуда и свойства. Применение метода матриц для анализа распространения гауссовых пучков.

3. Интерференционные явления

Интерферометр Майкельсона. Фурье-спектроскопия. Интерференция двух монохроматических волн с различными частотами. Гетеродинирование света. Интерференция волн монохроматических волн с одинаковыми интенсивностями и равноотстоящими частотами. Идея метода самосинхронизации мод.

Многолучевая интерференция для монохроматического света. Интерферометр Фабри-Перо.

4. Ширины и профили спектральных линий

Естественная ширина линии. Доплеровская ширина линии. Столкновительное и время-пролетное уширение. Однородное и неоднородное уширение линий.

5. Скоростные уравнения

Поглощение, вынужденное излучение, спонтанное излучение и безызлучательные переходы. Насыщение поглощение двухуровневой системы. Явление просветления. Внутридоплеровская спектроскопия насыщения. Явление затемнения для трехуровневых и пятиуровневых систем.

6. Принципы работы лазера

Скоростные уравнения для трехуровневой и четырехуровневой системы. Инверсия населенностей. Принцип работы лазера.

Эталон Фабри-Перо как оптический элемент для селекции мод.

Модуляция добротности при помощи ячейки Поккельса.

7. Оптика фотонных кристаллов

Матричная теория многослойной оптики. Матричная оптика периодических сред. Понятие фотонного кристалла. Примеры фотонных кристаллов.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в распараллеливание алгоритмов и программ

Цель дисциплины:

Освоение студентами знаний в области применения современных высокопроизводительных комплексов различной архитектуры в научных исследованиях и прикладных областях, в частности — в математическом моделировании и обработке больших массивов данных.

Задачи дисциплины:

- Формирование основных знаний в области применения высокопроизводительных вычислительных комплексов различной архитектуры на основе курсов информатики, операционных систем, языков программирования и курсов вычислительной математики для обеспечения технологических основ математического моделирования в современных инновационных сферах деятельности;
- обучение студентов принципам создания эффективных параллельных алгоритмов и программ, анализа существующих программ и алгоритмов на параллельность; знакомство с основными методами и принципами параллельного программирования, основными технологиями параллельного программирования;
- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области параллельных вычислений и математического моделирования с использованием современных технологий, и программных средств параллельного программирования в рамках выпускных работ на степень бакалавра.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Историю эволюции вычислительных систем и историческую необходимость использования параллельных вычислений;
- основы архитектуры параллельных вычислительных комплексов;
- основные технологические этапы разработки параллельных программ;
- принципы асимптотического анализа алгоритмов;
- методы декомпозиции последовательных алгоритмов;

- способы эквивалентных и неэквивалентных преобразований последовательных программ, позволяющих использовать их на параллельных вычислительных комплексах;
- основные идеи при реализации численных алгоритмов, позволяющих избежать случая низкой эффективности распараллеливания.

уметь:

- Оценивать асимптотическую сложность используемых алгоритмов и выбирать оптимальные алгоритмы для современных программ;
- анализировать последовательные программы для выявления возможности их распараллеливания;
- оценивать эффективность работы распараллеленных программ;
- выбирать эффективные численные методы для поставленных задач математического моделирования.

владеть:

- Приемами распараллеливания алгоритмов и программ;
- средствами и технологиями разработки приложений, обеспечивающих проведение параллельного вычислительного эксперимента.

Темы и разделы курса:

1. Проблемы эволюции вычислительных систем. Архитектурный и программный параллелизм. Парадигмы последовательного и параллельного программирования

Архитектурный и программный параллелизм. Проблемы использования параллельных систем. Непереносимость алгоритмов. Ошибки округления. Зависимость от архитектуры, языка, компилятора, ОС. Расширенная квалификация Флинна. Примеры SISD, SIMD, MISD, MIMD машин. Модели параллельного программирования. Этапы параллельного решения проблем: decomposition, assignment, orchestration, mapping. Задачи, решаемые на каждом этапе.

2. Элементы асимптотического анализа алгоритмов

Элементы асимптотического анализа алгоритмов. Основные предположения. Вычислительная модель RAM. Терминология и обозначения. Асимптотические отношения. Наилучший последовательный алгоритм. Пример асимптотического анализа сложности последовательного алгоритма выбора элемента из множества. Рекуррентные соотношения. Основная теорема асимптотического анализа. Вычислительные модели PRAM. Ускорение при распараллеливании. Стоимость параллельного алгоритма. Оптимальность алгоритма по стоимости. Пример асимптотического анализа сложности параллельного алгоритма выбора элемента из множества. Ограниченность асимптотического анализа.

3. Декомпозиция алгоритмов на уровне операций

Декомпозиция алгоритмов на уровне операций. Понятие о графе алгоритма. Строго параллельные формы графа, каноническая параллельная форма. Соотнесение строго параллельных форм с выполнением алгоритма на конкретных архитектурных решениях. Ярусы параллельной формы, их ширина и высота. Концепция неограниченного параллелизма. Определение максимально возможного ускорения по ярусно-параллельной форме алгоритма.

4. Укрупнение параллельных ярусов.

Укрупнение параллельных ярусов. Декомпозиция алгоритмов и программ на уровне действий и операторов. Условия Бернштейна и их нарушение. Истинная или потоковая зависимость, антизависимость, зависимость по выходным данным. Графы зависимостей. Связь зависимостей операторов с возможностью одновременного выполнения.

5. Параллельность циклов

Параллельность циклов. Простые циклы: расстояние зависимости; зависимости, связанные и несвязанные с циклом. Вложенные циклы. Вектора зависимости и направлений. Их использование для определения возможности распараллеливания циклов. Способы устранения зависимостей: loop distribution, code replication, loop alignment, приватизация переменных, индукция и редукция. Декомпозиция на уровне блоков операторов, π -блоки.

6. Основные подходы к организации размещения задач на процессорах

Assignment. Основные подходы к организации размещения задач на процессорах. Динамическое, потоковое, статическое планирование, work pool, pipeline, competition, divide & conquer. Их недостатки и достоинства. Проблемы балансировки загрузки процессоров. Гомогенные и гетерогенные вычислительные системы.

7. Технология MPI параллельного программирования

Аранжировка выполнения. Где и как синхронизировать вычисления и обмениваться данными. Перекрытия. Ухудшение последовательного алгоритма для улучшения параллельного.

8. Технология OpenMP параллельного программирования

Синхронизация в OpenMP. Барьер. Директива ordered. Критические секции. Директива atomic. Замки. Директива flush.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в современную оптику

Цель дисциплины:

Основной целью курса является ознакомление студентов с рядом актуальных направлений исследований по их будущей специальности, формирование базовых представлений по современной оптике, исследовательских навыков и способности применять их на практике.

Задачи дисциплины:

- Обзор актуальных направлений исследований в области оптики, спектроскопии, нанофотоники, лазерной физики и физики взаимодействия излучения с веществом.
- Активизация познавательного и исследовательского интереса учащихся.
- Расширение научного кругозора студентов по актуальным разделам современных исследований в области нанофотоники, оптики гибридных наносистем и метаматериалов.
- Теоретическое сопровождение лабораторного практикума «Основы оптических измерений».

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Основы субволновой оптики и микроскопии ближнего поля.
- Принципы оптики с отрицательным показателем преломления.
- Дисперсию показателя преломления.
- Основы оптика гибридных наночастиц.
- Базовые понятия нелинейной оптики.
- Методы получения и применения фемтосекундных лазерных импульсов.
- Принципы STED-микроскопии и STED-фотолитографии.
- Критерий Рэлея для разрешающей способности оптических систем.
- Способы преодоления дифракционного предела Аббе с помощью STED-литографии, STED-микроскопии, ближнепольной микроскопии и прямого лазерного письма (DLW).

уметь:

- Применять законы преломления и граничные условия на границе раздела «левых» и «правых» сред.
- Правильно применять принцип Ферма при распространения света в среде с отрицательным показателем преломления.
- Рассчитывать в параксиальном приближении или с использованием условия синусов Аббе и измерять разрешающую способность оптических систем (микроскопа, телескопа, объектива).
- Определять апертурную и полевую диафрагмы для сложной оптической системы, рассчитывать размеры входного и выходного зрачка, входного и выходного люка.
- Использовать комплексный показатель преломления для описания физических процессов в металлах и эванесцентных волнах.

владеть:

- Методами расчета оптических систем.
- Методами оценки качества реальных оптических систем.
- Навыками поиска и анализа современной научной информации по специальности.

Темы и разделы курса:**1. Основы субволновой оптики и микроскопии ближнего поля.**

Локализованные оптические поля. Примеры эванесцентных полей. Способы создания и детектирования. Поле электрического диполя в ближней и дальней зонах. Сужающиеся оптические зонды ближнего поля и конвертеры для преобразования излучения в локализованные световые поля. Принцип действия и применения. Нановолноводы. Микроскопы ближнего поля апертурного и безапертурного типов. Схемы микроскопов ближнего поля: возбуждение в дальней зоне-детектирование в ближнем поле, возбуждение в ближнем поле – детектирование в дальнем, возбуждение и детектирование в ближнем поле.

2. Оптика гибридных наночастиц.

Плазмонные эффекты в сферических наночастицах. Затухающая волна в металле. Комплексный показатель преломления. Экситон-плазмонное взаимодействие. Идея Spaser'a. Экспериментальные реализации нанолазера. Металлические наноболочки с диэлектрическим ядром. Приложения к медицине и разработке эффективных фотовольтаических элементов. Спектры поглощения и фотолюминесценции квантовых точек. Гибридные квантовые точки “ядро-оболочка” сферической и сложной формы. Органические светодиоды на квантовых точках.

3. Дисперсия показателя преломления.

Уравнения Максвелла и волновое уравнение в диэлектриках. Явление дисперсии. Физический смысл показателя преломления. Классическая теория дисперсии. Нормальная и аномальная дисперсия, поглощение. Полное внутреннее отражение, комплексный показатель преломления. Фазовая и групповая скорости в изотропных и анизотропных средах.

4. Оптика с отрицательным показателем преломления.

Влияние пространственной дисперсии на показатель преломления. Антипараллельность волнового вектора и вектора Умова-Пойнтинга. Антипараллельность фазовой и групповой скорости в «левой» среде. Обращенный эффект Доплера. Обращенный эффект Вавилова-Черенкова. Закон преломления на границе раздела «правой» и «левой» сред. Линза Веселаго. Линза Пендри. Волновое сопротивление среды и получение эффекта невидимости с помощью метаматериалов. Принцип Бабинэ и его реализация в метаматериалах с отверстиями или в виде сеток.

5. Введение в нелинейную оптику.

Нелинейно-оптические явления. Механизмы нелинейного взаимодействия излучения со средами: классификация. Электронные нелинейности, нерезонансное взаимодействие. Генерация второй гармоники. Оптическое детектирование. Генерация терагерцового излучения. Электрооптический эффект. Нелинейный показатель преломления среды. Наведенное двулучепреломление в средах. Самофокусировка излучения. Просветление среды.

6. Фемтосекундные лазерные импульсы.

Фемтосекундный лазер. Самофокусировка и фазовая самомодуляция. Спектральные свойства фемтосекундного лазера. Применения фемтосекундных лазеров. Метод pump-probe исследования переноса энергии в молекулах и твердых телах. Измерение оптических частот. Фазовая и групповая скорости распространения импульса в резонаторе. Расширение спектра в нелинейном волокне, фотонно-кристаллические волокна. Измерение абсолютной частоты лазерного излучения с помощью фемтосекундного синтезатора частот.

7. Субмикронная STED фотолитография и прямое лазерное письмо (DLW) с использованием излучения в видимой области спектра.

Методы преодоления дифракционного предела оптического разрешения в фотолитографии с использованием излучения в видимом диапазоне спектра - прямое лазерное письмо (DLW) с помощью двухфотонного поглощения и STED-фотолитография с использованием пучка Лагерра-Гаусса для пространственно-селективной дезактивации фотоинициатора за счет вынужденного излучения. STED-микроскопия

8. Базовые понятия геометрической оптики.

Приближение коротких длин волн и пределы применимости геометрической оптики. Кардинальные элементы идеальной оптической системы. Преломление лучей сферической поверхностью. Параксиальное приближение. Линза. Формула Ньютона. Инвариант Лагранжа-Гельмгольца. Инвариант Аббе. Условие синусов Аббе. Телецентрический ход главных лучей. Ограничение пучков лучей в оптической системе. Апертурная и полевая диафрагмы, входной и выходной зрачок, входное и выходное окно.

9. Разрешающая способность оптических систем.

Влияние дифракции света на разрешающую способность оптических систем. Критерий Рэля. Объектив. Разрешающая способность объектива. Разрешающая способность телескопа. Микроскопические системы. Лупа. Микроскоп. Разрешающая способность микроскопа методом Аббе.

10. Абберации оптических систем.

Абберации в реальных оптических системах. Сферическая абберация. Хроматическая абберация. Астигматизм. Кома. Дисторсия. Методы исправления аббераций в сложных оптических системах. Зеркальная оптика.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в современные методы регистрации быстро-меняющихся оптических сигналов

Цель дисциплины:

- Изучение основных принципов работы и сфер применения фотодетекторов.
- Получение навыков построения моделей работы полупроводникового фотодетектора. Планирования и проведения физического эксперимента по их проверке, калибровке и определению диапазона применимости. Получение навыков анализа и представления результатов экспериментов.

Задачи дисциплины:

- Изложение студентам основ работы фотодетекторов, основных моделей и методик измерения их параметров.
- Проведение лабораторных работ по определению основных параметров фотодетектора.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Основы принципов работы современных фотодетекторов.
- Модель pn – перехода.
- Лавинный эффект с отрицательной обратной связью в полупроводниках.
- Принцип работы SiPM.
- Критерий Неймана-Пирсона.
- Стационарный и Пуассоновский процессы.
- Основные области применения высокочувствительных фотодетекторов.

уметь:

- Проводить измерения основных параметров фотодетекторов.

владеть:

- Статистическими методами обработки и представления экспериментальных данных.
- Основами работы с измерительной техникой.

Темы и разделы курса:

1. Введение.

(Лекция + экскурсия)

(a) Вводная лекция по типам фотодетекторов и их применениям. Конструкции, основные параметры, история.

(b) Твердотельные фотоумножители (SiPM): подробности конструкции, параметры и актуальные проблемы.

2. P-N-переход в полупроводниках.

(лекция + лабораторная работа)

P-N-переход в полупроводниках, теория и технология.

Измерение ВАХ и квантовой эффективности фотодиода.

3. Лавинный эффект с отрицательной обратной связью в полупроводниках.

(лекция + лабораторная работа)

Лавинный эффект с отрицательной обратной связью в полупроводниках.

Измерение вольтамперной характеристики SiPM и зависимости коэффициента лавинного умножения от напряжения, измерение амперваттной чувствительности для разных длин волн и токовой PDE.

4. Знакомство с измерительной техникой.

(лекция + лабораторная работа)

Знакомство с измерительной техникой. Эквивалентная схема SiPM, экспериментальные методы измерения параметров фотодетекторов.

Анализ электрических сигналов с использованием функций осциллографа. Измерение коэффициента лавинного умножения, формы импульса, динамического диапазона SiPM.

5. Критерий Неймана-Пирсона. Пороговая методика регистрации сигнала.

(лекция + лабораторная работа)

Принятие решений при детектировании сигналов. Критерий Неймана-Пирсона. Пороговая методика регистрации сигнала.

Измерение рабочей характеристики фотоприёмного устройства и соотношения сигнал/шум.

6. Распределение Пуассона в оптике и SiPM.

(лекция + лабораторная работа)

Статистические методы обработки экспериментальных данных. Распределение Пуассона в оптике и SiPM. Стационарный и Пуассоновский процессы.

Измерение вероятности регистрации фотона, шум фактора и счёта SiPM.

7. Компьютерное моделирование процессов в полупроводниках.

(лекция + компьютерная лабораторная работа)

Основные уравнения полу проводников. Методы численного решения. Построение расчетных сеток. Программа TCAD.

Обзор TCAD программ + демонстрацию возможностей ПО Sentaurus.

8. Применения высокочувствительных фотодетекторов.

(лекция + лабораторная работа)

Применение фотодетектора в лазерном дальномере, автомобильном LiDAR, позитронно-эмиссионной томографии и оптической передаче данных.

Измерение расстояния при помощи лазерного дальномера, фильтрация событий, подбор оптимальных режимов регистрации.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в спектроскопию и нанооптику

Цель дисциплины:

Целью дисциплины “Введение в спектроскопию и нанооптику” является формирование у студентов базовых знаний и практических навыков по основным экспериментальным методам, используемым при проведении исследований и в практических применениях в области спектроскопии и оптики. Основной акцент сделан на изложении физических основ базовых экспериментальных методов спектроскопии и получении практических знаний в этих областях в ходе реальной работы на экспериментальных лабораторных установках. Студенты в ходе работы на лабораторной установке знакомятся с основными методиками измерений и обработки получаемой информации в ходе реальных измерений.

Задачи дисциплины:

- формирование у студентов знаний по основам экспериментальной спектроскопии и оптики;
- развитие у студентов практических исследовательских навыков в этих направлениях;
- приобретение навыков самостоятельной экспериментальной работы в области спектроскопии;
- формирование у студентов способности применять полученные знания на практике.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные экспериментальные методы, применяемые в экспериментальной спектроскопии;
- возможности и характеристики спектральных приборов и область их применения;
- возможности и характеристики электроизмерительных приборов, используемых в спектральных и оптических измерениях;
- конструктивные особенности спектральных приборов различного типа;
- физические основы работы отдельных элементов спектральных приборов;

– методы измерения и расчета спектральных характеристик объектов.

уметь:

– пользоваться своими знаниями для построения экспериментальных установок

для проведения спектральных и оптических измерений;

– проводить самостоятельно проводить экспериментальные исследования в области спектроскопии;

получать достоверные значения измеряемых величин и правильно оценивать их точность;

– проводить качественный и количественный анализ характеристик вещества по спектральным данным;

– анализировать и обобщать результаты экспериментальных исследований.

владеть:

– методикой работы со спектральными и электроизмерительными приборами;

– базовыми навыками самостоятельной работы в экспериментальной лаборатории;

– навыками анализа и обработки результатов эксперимента;

– методами и приемами грамотной настройки и юстировки спектральных и оптических приборов;

– методами вычисления погрешностей при спектральных и оптических измерениях.

Темы и разделы курса:

1. Введение в курс

Цели и содержание курса. Основные частотные диапазоны, в которых применяются методы оптической и радиоспектроскопии.

Роль экспериментальной спектроскопии в научных исследованиях и практических применениях. Виды информации о веществе и протекающих в нем процессах в зависимости от частотного диапазона длин волн.

2. Фотоприемники

Спектральные диапазоны, в которых применяются приемники излучения разных видов: антенны, фотоприемники, детекторы (счетчики) частиц. Основные типы. Принципы работы и основные характеристики.

Основные физические принципы, лежащие в основе работы фотоприемников: поглощение и нагрев, внешний и внутренний фотоэффект, пироэлектрический эффект и др.

Типы фотоприемников: одноканальные и многоканальные, инерционные и скоростные, вакуумные, твердотельные, линейки, матрицы.

Шумы фотоприемников и внешних источников (фотонный шум, флуктуации фонового излучения, шум теплового излучения, дробовой шум, генерационно-рекомбинационный шум, шумы материала, избыточный шум, белый шум и др.)

Методы регистрации световых сигналов и обработки получаемой информации: интегрирование, частотная и амплитудная модуляция сигналов, синхронное детектирование, счет фотонов, когерентный и некогерентный прием и др.

Принципы работы и устройство матричных фотоприемников на ПЗС и КМОС структурах.

Фотоприемники на фотодиодных сборках.

Фотоприемники на лавинных диодах.

Фотоприемники дальнего инфракрасного диапазона и терагерцового излучения.

3. Измерение спектра излучения абсолютно черного тела

Формула излучения черного тела и спектральный диапазон, в котором оно наблюдается. Цветовая температура.

Лампы для получения эталонного излучения заданной цветовой температуры.

Излучение черного тела как эталонный источник излучения для определения кривой чувствительности спектральных приборов.

Фотокалориметры для измерения энергетических параметров источников излучения. Принцип работы и схема установки для измерения спектра излучения черного тела.

4. Фурье-спектроскопия

Основные принципы Фурье спектроскопии.

Принципы построения и основные типы Фурье спектрометров.

Фурье спектрометр сверхвысокого спектрального разрешения фирмы Бодем.

Измерения спектров поглощения кристаллов на Фурье спектрометре.

5. Лазерная спектроскопия атомов рубидия, свободная от доплеровского уширения

Парамагнитный эффект. Парамагнитный эффект в парах атомов рубидия.

Методы получения паров металлов. Получение рубидия в подогреваемой кювете.

Контроль параметров источника паров атомов рубидия.

Лазерная спектроскопия атомов рубидия, ограниченная доплеровским уширением.

Внутридоплеровская поляризационная лазерная спектроскопия атомов рубидия.

6. Лазерная спектроскопия на основе перестраиваемого полупроводникового диодного лазера

Принцип работы перестраиваемого полупроводникового диодного лазера.

Пространственные и частотные характеристики излучения перестраиваемого диодного полупроводникового лазера.

Управление основными параметрами излучения диодного лазера.

Одномодовый и многомодовый режимы работы перестраиваемого диодного лазера.

Лазеры с внутренним и внешним резонатором.

Измерение основных характеристик излучения диодного лазера.

7. Исследование динамики вакуумного разряда

Основы физики устойчивого электрического разряда в вакууме.

Методы получения устойчивого электрического разряда в вакууме.

Основные параметры электрического вакуумного разряда.

Методы контроля основных параметров.

Области применения устойчивого электрического вакуумного разряда.

8. Оптическая темнопольная микроскопия

Основные принципы оптической микроскопии. Пространственное разрешение оптического микроскопа. Диск Эйри и критерий пространственного разрешения Аббе. Основы лазерной темнопольной микроскопии. Ультрамикроскоп и микроскоп светового листа. Микроскопия основанная на полном внутреннем преломлении света.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в спектроскопию конденсированных сред

Цель дисциплины:

целью дать основные представления о спектроскопии конденсированных сред и познакомить студентов с фундаментальными концепциями, созданными для описания разнообразных явлений в этой области физики.

Задачи дисциплины:

Ввести студентов в новую для них область_физики.

Познакомить с основными физическими эффектами, играющими главную роль в объяснении наблюдаемых явлений.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

знать основные явления спектроскопии твердого тела

уметь:

объяснять основные наблюдаемые в лаборатории явления спектроскопии твердого тела

владеть:

теоретическим аппаратом, позволяющим оценить основные параметры и характеристики явлений

Темы и разделы курса:

1. Оптические явления в неметаллических кристаллах

Показатель преломления и коэффициент поглощения. Поляризация среды. Теория локального поля. Классическая теория рассеяния света. Нормальная и аномальная дисперсия. Анизотропные оптические свойства кристаллов и жидких кристаллов. Электродинамика многослойных структур.

2. Экситоны Френкеля

Органические полупроводники. Структура экситонов малого радиуса. Классическая теория расщепления Давыдова.

3. Экситоны Ванье-Мотта

Неорганические полупроводники. Структура экситонов большого радиуса. Проявление в спектрах.

4. Поляритоны

Классическая теория поляритонов. Поверхностные поляритоны. Вывод закона дисперсии поляритонов.

5. Уравнения Блоха

Вывод уравнений Блоха. Распространение импульсов света. Распространение световых импульсов.

6. Резонансная флуоресценция

Определение нелинейной восприимчивости и её общие свойства. Модели оптического ангармонизма.

7. Нелинейные восприимчивости

Определение нелинейной восприимчивости и её общие свойства. Модели оптического ангармонизма.

8. Непараметрические взаимодействия.

Нелинейное поглощение. Бездоплеровская спектроскопия. Неупругое рассеяние света Мандельштама-Бриллюэна и Рамана. Рамановское усиление.

9. Параметрические взаимодействия

Взаимодействие волн. Преобразование частоты. Параметрическое усиления и генерация. Нелинейная спектроскопия.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в специальность: семинар по работам классиков

Цель дисциплины:

Семинар предназначен для развития у студентов способности квалифицированно ориентироваться в научной литературе, а также внятно и аргументировано излагать свои соображения по научным вопросам. В этом смысле семинар является первым шагом реальной профессиональной ориентации будущих физиков-теоретиков.

Задачи дисциплины:

- познакомить студентов с классическими работами в различных областях физики, с постановкой задач и подходами к их решениям.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия по теме дисциплины.

уметь:

- пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования, решать задачи по теме дисциплины.

владеть:

- математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

Темы и разделы курса:

1. Ознакомление с классическими работами по физике.

Разбор студентами классических теоретических и экспериментальных статей, консультации с преподавателями, ведущими семинар.

2. Поиск, отбор и изучение сопутствующей научной литературы.

Изучение студентами предложенных статей, поиск дополнительной литературы, обсуждение.

3. Подготовка и представление докладов.

Выступление студентов с докладами.

4. Сопоставление содержания научной работы с известными результатами.

Научная дискуссия.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в суперкомпьютерное моделирование

Цель дисциплины:

ознакомление студентов с технологиями параллельного программирования для дальнейшего использования при решении ресурсоёмких вычислительных задач математической физики и компьютерного моделирования на многопроцессорных вычислительных системах.

Задачи дисциплины:

- ознакомление обучающихся с предметом, принципами, методами параллельного программирования;
- приобретение обучающимися практических умений и навыков, необходимых для работы с многопроцессорными вычислительными системами с графическими ускорителями;
- формирование умений и навыков для применения полученных знаний для решения обучающимися ресурсоёмких вычислительных задач на многопроцессорных вычислительных системах с графическими ускорителями.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- теоретические основы параллельных алгоритмов;
- основные современные технологии параллельного программирования;
- основы технологий распараллеливания MPI, OpenMP, CUDA и др.

уметь:

- проводить оптимизация и распараллеливание расчетов;
- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

Владеть:

- навыками компиляции программ эффективной для скорости выполнения;
- навыками работы на суперкомпьютере, включая работу с терминалом, запуск последовательных и параллельных программ с использованием систем очередей;
- навыками распараллеливания программ для вычислительных систем с общей памятью, с разделённой памятью и для графических ускорителей.

Темы и разделы курса:

1. Введение в суперкомпьютерное моделирование.

Зачем нужны суперкомпьютеры? Задачи, требующие больших вычислений. Обзор рейтинга Top-500. Метод классической молекулярной динамики и Монте-Карло: история, область применения, преимущества, недостатки, положение среди других вычислительных методов. Примеры актуальных задач физики конденсированного вещества и неидеальной плазмы с демонстрацией результатов МД моделирования.

2. Введение в операционную систему Unix. Программирование для Bash.

Linux. Основные понятия. Навигация, основные команды. Создание, удаление и копирование файлов. Каталоги. Понятие учётной записи. Права доступа в Linux. Процессы в Linux. Понятие скриптов в Unix-системах. Интерпретаторы скриптов. Командная оболочка bash. Особенности работы. Программирование для Bash: переменные, ветвление, циклы. Арифметические операторы. Работа с файлами: перенаправление ввода и вывода, конвейерная обработка данных (pipes), регулярные выражения. Работа с аргументами командной строки. Оптимизация рутинных задач на примере .bashrc.

3. Компиляция и запуск программ. Вспомогательные программы.

Компиляция и запуск программ. Представление о работе компиляторов (для C/C++ - объектные файлы и библиотеки, заголовочные файлы, система сборки, зависимости). Текстовые редакторы (vim, ...). Обзор основных возможностей gnuplot. Использование скриптов.

4. Введение в основы параллельного программирования с использованием технологии MPI.

Последовательная и параллельная модели программирования. Парадигмы параллельного программирования и соответствующие программные средства. Программная реализация MPI. Типовые схемы организации параллельных MPI-программ и их структура. Компиляция и запуск MPI-программ. Проблема поиска ошибок. Исследование вычислительного кластера с помощью средств MPI и Bash. Оценка производительности многопроцессорных вычислительных систем.

5. Основы MPI. Двухточечные и коллективные обмены.

Организация двухточечных обменов. Блокирующие операции: режимы, реализация в MPI, примеры. Стандартный обмен, обмен с буферизацией, обмен "по готовности". Проблемы при организации двухточечных обменов. Неблокирующие операции. Широковещательная рассылка. Операции распределения и сбора данных, операция приведения. Синхронизация в параллельном программировании. Средства синхронизации в MPI.

6. Теоретические основы параллельных алгоритмов.

Теория функциональных устройств. Понятия загруженности, производительности и ускорения. Эффективность распараллеливания, законы Амдала. Информационная зависимость операций, графы исполнения. Параллельная форма алгоритма. Модель вычислений в виде графа "операции – операнды". Основные показатели качества параллельных методов — ускорение, эффективность (efficiency), стоимость (cost) и масштабируемость (scalability) вычислений. Базовые принципы разработки параллельных алгоритмов. Основные понятия, все этапы создания и анализа параллельных алгоритмов.

7. Параллельные методы умножения матрицы на вектор и на матрицу, решения систем линейных уравнений

Постановка задачи и последовательный алгоритм ее решения. Методы разделения матрицы между процессорами вычислительной системы, которые необходимы для параллельной реализации матричных операций. Три возможных подхода к параллельной реализации алгоритма умножения матрицы на вектор. Возможные подходы к параллельной реализации алгоритма умножения матриц и наиболее широко известные алгоритмы: алгоритм, основанный на ленточной схеме разделения данных, алгоритм Фокса (Fox) и алгоритм Кэннона (Cannon). Задача решения систем линейных уравнений. Необходимые определения и постановка задачи. Последовательный и параллельный варианты одного из прямых методов решения линейных систем общего вида – метода Гаусса. Описание последовательного и параллельного алгоритмов, реализующих итерационный метод сопряженных градиентов.

8. Основы параллелизации с помощью технологий OpenMP и PosixThreads, автоматическое распараллеливание.

Компиляция и запуск программ. Принципы параллелизации. Поток. OpenMP. Posix Threads. Автоматическое распараллеливание.

9. Основы параллелизации на графических ускорителях.

Архитектура графических ускорителей. Основные технологии параллелизации на графических ускорителях: CUDA, OpenCL, OpenMP, OpenACC. Компиляции и запуск программ. Синтаксис. Примеры.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в суперсимметрию

Цель дисциплины:

Цель освоения дисциплины состоит в формировании у студентов представления о суперсимметричных теориях, обсуждения основных суперсимметричных теорий.

Задачи дисциплины:

Задача дисциплины состоит в обучении студентов основным принципам и методам суперсимметричных теорий, подготовке студентов к ведению исследований, связанных с суперсимметричными теориями и близкими областями теоретической физики и математики.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- преобразования суперсимметрии, свойства суперсимметричных теорий.

уметь:

- производить вычисления в суперсимметричных теориях.

владеть:

- методами суперсимметрии.

Темы и разделы курса:

1. Суперсимметрия

Мы обсудим предпосылки и определение суперсимметрии. Также мы рассмотрим свойства супералгебры и ее представления. Мы рассмотрим свойство равенства бозонных и фермионных степеней свободы.

2. Суперполя

Мы обсудим, как устроены компонентные поля в $N=1$ суперсимметричных теориях. Мы разберем как устроены киральные суперполя в такой теории.

3. Модель Весса-Зумино

Мы обсудим $N=1$ суперсимметричную модель Весса-Зумино. Мы опишем ее действие и покажем ее инвариантность относительно преобразований суперсимметрии.

4. $N=1$ суперсимметричная теория

Мы рассмотрим различные $N=1$ суперсимметричные теории. В частности, мы рассмотрим суперсимметричную теорию Янга-Миллса и КХД.

5. $N=2$ суперсимметричная теория

Мы обсудим $N=2$ суперсимметричную теорию Янга-Миллса. Также мы рассмотрим $N=2$ суперсимметричные калибровочные теории с полями материи.

6. $N=4$ суперсимметричная теория

Мы обсудим $N=4$ суперсимметричную теорию Янга-Миллса и ее свойства.

7. Теорема об отсутствии перенормировок

Мы обсудим расходимости и теорему об отсутствии перенормировок в суперсимметричных теориях.

8. Спонтанное нарушение суперсимметрии

Мы обсудим спонтанное нарушение суперсимметрии и его следствия.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в теорию атомного ядра и ядерных реакций

Цель дисциплины:

- изучение физических основ физики ядра и теории ядерных реакций;
- приобретение практических навыков использования полученных знаний для дальнейшей исследовательской работы.

Задачи дисциплины:

- освоение студентами базовых знаний в области структуры и свойств ядра;
- приобретение базовых знаний в области теории ядерных реакций;
- оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных теоретических и ориентированных на практическое применение исследований в области физики ядра и ядерных реакций
- приобретение навыков применения полученных знаний в смежных и междисциплинарных научных областях.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные понятия, законы, теории и модели современной физики;
- порядки численных величин, характерные для физики атомного ядра и ядерных реакций;
- общие подходы к решению прикладных и теоретических задач в области физики ядра и ядерных реакций;

уметь:

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;

осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;

эффективно использовать информационные технологии для получения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

навыками освоения большого объема информации;

навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;

культурой постановки и моделирования физических задач;

навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими результатами;

практикой применения теоретических моделей для решения конкретных физических задач;

навыками теоретического анализа реальных задач, связанных с изучением свойств ядра.

Темы и разделы курса:

1. Атомное ядро. Базовые свойства

Состав атомного ядра. Полная энергия связи ядра. Оболочечная и капельная модели атомного ядра. Формула Вайцзеккера для энергии связи ядра.

2. Квантовая теория углового момента

Операторы угловых моментов. Оператор спина и изоспина. Коэффициенты Клебша-Гордона.

3. Коллективная модель ядра

Сферическое ядро. Деформация ядер. Колебательные состояния сферических ядер.

4. Модель ферми-газа и оболочечная модель атомного ядра

Задача многих тел для фермионов. Модель ферми-газа. Детерминанты Слейтера. Приближение Хартри-Фока.

5. Общие закономерности радиоактивного распада

Виды распада. Альфа-распад ядра. Бета-распад ядра. Гамма-распад ядра. Статистика Пуассона.

6. Гамильтониан парного взаимодействия

Логика операторов рождения уничтожения фермионов. Парное взаимодействие в применении к задаче многих тел.

7. Коды для расчетов ядер в рамках оболочечной модели

Существующие оболочечные коды расчетов структуры атомных ядер, основные алгоритмы, используемые в них. Область их применения.

8. Общее описание ядерных реакций

Кинематика и законы сохранения. Типы ядерных реакций (упругое рассеяние, прямые ядерные реакции, реакции с образованием составного ядра).

9. Классическая и квантово-механическая задача рассеяния

Определение полного и дифференциального сечения рассеяния. Трехмерное уравнение Шредингера для частицы в центральном потенциале.

10. Стационарная теория потенциального рассеяния

Постановка задачи. Асимптотическое условие. Связь дифференциального сечения с амплитудой рассеяния. Функция Грина.

11. Борновское приближение

Разложение амплитуды рассеяния по кратности взаимодействия. Борновское приближение. Получение формулы Резерфорда.

12. Рассеяние на сферически-симметричном потенциале

Дифференциальные и интегральные уравнения для радиальных волновых функций. Фазы рассеяния.

13. Матрица столкновений

Определение матрицы столкновений. Матрица столкновений при центральном беспинном взаимодействии. Унитарность матрицы столкновений.

14. R-матричная теория

Введение в R-матричную теорию ядерных реакций. Условие на волновую функцию на границе области взаимодействия

15. Библиотеки специализированных математических функций

Существующие библиотеки специализированных математических функций. Справочники по специальным функциям и примеры работы с ними.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в теорию групп и алгебр Ли

Цель дисциплины:

- получение базовых знаний по теории групп и алгебр Ли, включая знакомство с классическими линейными группами Ли и полной классификацией простых алгебр Ли, для дальнейшего использования в теоретической физике, особенно в теориях фундаментальных взаимодействий;
- формирование математической культуры и исследовательских навыков.

Задачи дисциплины:

- усвоение основных понятий и идей теории групп и алгебр Ли;
- овладение языком и методами теории групп и алгебр Ли;
- формирование ясного представления о роли групп Ли для описания физических симметрий;
- формирование умений и навыков использования теоретико-групповых методов в задачах квантовой теории.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия и идеи теории групп и алгебр Ли;
- соответствие между группами и алгебрами Ли, восстановление групп Ли по алгебре Ли;
- классификацию простых алгебр Ли.

уметь:

- находить алгебру Ли заданной группы Ли, ее структурные константы, форму Картана-Киллинга;
- находить метрический тензор и инвариантную меру на групповом многообразии;
- определять тип алгебры Ли, строить производные и центральные ряды;
- восстанавливать систему корней по простым корням.

владеть:

терминологией теории групп и алгебр Ли;

навыками работы с алгебрами и группами Ли, имеющими применения в Стандартной Модели элементарных частиц.

Темы и разделы курса:

1. Элементы теории абстрактных групп

Группа. Абелева группа. Неабелева группа. Конечные и бесконечные группы. Подгруппа. Сопряженные (подобные) подгруппы. Нормальная (инвариантная) подгруппа. Центр и центральные подгруппы.

Смежные классы (правые и левые) по подгруппе. Фактор-пространство. Представители смежных классов. Однозначное разложение элемента группы на произведение представителя смежного класса и элемента из подгруппы. Умножение смежных классов по нормальной подгруппе. Фактор-группа.

Действие группы на множестве (пространстве). Действие группы на групповом множестве --- левые и правые сдвиги, преобразование подобия. Орбиты группы. Однородное пространство. Стационарная подгруппа точки пространства, на котором определено действие группы. Эквивалентность точек однородного пространства --- сопряженность стационарных подгрупп. Взаимно однозначное соответствие между точками однородного пространства и точками фактор-пространства.

Гомоморфизм групп. Образ и ядро гомоморфизма. Изоморфизм, критерий изоморфизма. Накрывающий гомоморфизм, вложение. Внутренние и внешние автоморфизмы. Основная теорема о гомоморфизме.

Алгебраические типы групп.

Прямое произведение групп. Полупрямое произведение групп.

2. Гладкие многообразия и группы Ли

Топологическое многообразие (локально евклидово пространство). Карта и локальные координаты. Атлас карт. Класс гладкости и условие самосогласованности карт. Гладкое многообразие. Комплексное аналитическое многообразие.

Гладкие отображения гладких многообразий. Матрица Якоби и ранг отображения. Отображения максимального ранга. Диффеоморфизм.

Подмногообразие вложения. Регулярное подмногообразие. Замкнутость регулярного подмногообразия. Регулярное подмногообразие евклидова пространства.

Группы Ли. Вещественные и комплексные группы Ли. Подгруппы Ли (замкнутые подгруппы). Алгебраические типы групп Ли.

3. Топологические характеристики групп Ли

Компактность. Критерий компактности для матричных групп Ли.

Связность. Связные компоненты несвязной группы Ли. Связная компонента единицы (нормальность компоненты единицы, дискретность фактор-группы по компоненте единицы). Конечная порожденность связной группы Ли.

Непрерывные кривые на группе Ли. Непрерывная деформация непрерывной кривой. Односвязность.

Примеры: разбор топологических характеристик групп $SL(2, \mathbb{R})$, $SO(3)$ и $SU(2)$.

Структура расслоения на группе Ли. Использование расслоения для установления топологических характеристик.

4. Основные типы матричных групп Ли

Классические линейные группы Ли; их топологические характеристики.

Неполупростые матричные группы Ли, получаемые наложением линейных ограничений на матричные элементы; их топологические характеристики.

5. Алгебры Ли

Абстрактная алгебра Ли. Тождество Якоби. Структурные константы. Вещественные и комплексные алгебры Ли. Овеществление комплексной алгебры Ли.

Пространство касательных векторов в точке гладкого многообразия. Касательное пространство в единичном элементе группы Ли как алгебра Ли. Связность группы Ли и алгебра Ли.

Алгебры основных типов матричных групп Ли и их размерности.

6. Экспоненциальное отображение алгебры Ли в группу Ли

Экспоненцирование матричной алгебры Ли. Элементарные свойства матричной экспоненты. Формула Бейкера-Кэмпбела-Хаусдорфа.

Канонические координаты на группе Ли и фактор-многообразии.

Однопараметрические подгруппы. Дифференциальное уравнение для однопараметрической подгруппы. Глобальное поведение однопараметрических подгрупп.

7. Соответствие понятий для групп и алгебр Ли

Подалгебра, инвариантная подалгебра (идеал), фактор-пространство и фактор-алгебра.

Гомоморфизм алгебр Ли. Изоморфизм алгебр Ли и локальный изоморфизм групп Ли. Группа всех автоморфизмов и дифференцирование алгебры Ли. Присоединенная группа и внутренние дифференцирования алгебры Ли.

Типы алгебр Ли.

Прямая и полупрямая сумма алгебр Ли.

8. Восстановление связных групп Ли по алгебре Ли

Какие группы Ли имеют одинаковую алгебру Ли. Универсальная накрывающая группа и ее фактор-группы по центральным подгруппам.

Теорема о монодромии: гомоморфизм алгебр Ли определяет локальный гомоморфизм групп Ли, который однозначно продолжается на всю группу Ли, если она односвязна.

Разбор некоторых примеров групп Ли с одинаковыми алгебрами Ли ($so(3)$, $so(2,1)$, $so(4) = so(3) + so(3)$, $so(3,1)$).

Накрытие связной компактной группы Ли экспоненциальным отображением (на примере классических компактных групп Ли).

9. Линейные представления групп и алгебр Ли

Определения линейных представлений групп и алгебр Ли. Пространство представления. Размерность представления. Точные представления. Эквивалентные (подобные) представления. Связь между представлениями алгебры Ли и групп Ли с данной алгеброй.

Комплексные представления. Комплексно сопряженные представления. Вещественно подобные и вещественные представления. Комплексификация вещественной алгебры Ли. Вещественные формы комплексной алгебры Ли.

Лемма Шура. Центральные подгруппы классических линейных групп Ли.

Инвариантное подпространство. Фактор-представление. Неприводимые, приводимые и полностью приводимые представления. Унитарные представления. Полная приводимость конечномерных унитарных представлений.

Присоединенное представление группы Ли и присоединенное представление алгебры Ли. Типы алгебр Ли и их отражение в структуре матриц присоединенного представления.

Теоремы Ли и Энгеля о конечномерных представлениях разрешимых и нильпотентных групп и алгебр Ли.

10. Билинейная форма Картана-Киллинга в алгебре Ли

Определение. Инвариантность формы Картана-Киллинга относительно всех автоморфизмов алгебры Ли. Метрический тензор Картана. Основные свойства формы. Ограничение на подалгебру.

Критерии принадлежности алгебры Ли к определенному типу. Критерий Картана полупростоты.

Разложение алгебры Ли по полупростой подалгебре. Разложение полупростой алгебры Ли в прямую сумму простых. Точность присоединенного представления полупростой алгебры Ли.

Критерий компактности вещественной группы Ли. Разложение Картана алгебры некомпактной полупростой вещественной группы Ли.

Дифференцирование полупростой алгебры Ли. Другие инвариантные скалярные произведения. Квадратичный оператор Казимира.

11. Метрика и объем на групповом многообразии

Инвариантный метрический тензор на группе Ли --- распространение метрического тензора Картана по групповому многообразию левыми (правыми) сдвигами. Инвариантный метрический тензор на полупростой группе Ли. Метрический тензор на фактор-многообразии.

Инвариантный элемент объема и интегрирование по группе Ли. Связь между элементом объема и метрическим тензором для полупростой группы Ли. Унитарность (и полная приводимость) конечномерных представлений компактных групп Ли.

12. Конечномерные неприводимые представления алгебры $sl(2, \mathbb{C})$

Весы и весовые векторы представления. Старший вес неприводимого представления, размерность неприводимого представления. Явный вид матриц представления.

Модуль Верма.

Представление вещественных форм $sl(2, \mathbb{R}) = su(1,1)$ и $su(2)$. Унитарность представлений алгебры $su(2)$. Вещественные и псевдо-вещественные представления алгебры $su(2)$.

13. Подалгебра Картана

Ранг алгебры. Регулярный элемент

Корневые подпространства регулярного элемента. Коммутационные соотношения и соотношения ортогональности корневых подпространств.

Подалгебра Картана, размерность подалгебры Картана. Разложение алгебры в прямую сумму корневых подпространств присоединенных операторов элементов подалгебры Картана. Корни.

14. Структура полупростой алгебры

Подалгебры $sl(2, \mathbb{C})$, связанные с каждым корнем. Полупростая алгебра, как совокупность пространств неприводимых представлений подалгебр $sl(2, \mathbb{C})$.

Одномерность корневых подпространств. Отсутствие кратных корней. Вещественность корней. Серии корней и их свойства.

Канонический базис Картана-Вейля и структурные константы в этом базисе.

15. Система корней

Свойства системы корней, отражения. Возможные углы между корнями и отношения их длин.

Системы корней первого и второго ранга.

Приводимые и неприводимые системы корней --- полупростые и простые алгебры Ли.

Упорядочивание корней. Положительные и отрицательные корни. Простые корни и их свойства.

16. Восстановление системы корней по простым корням

Алгоритм восстановления системы корней из простых корней. Иллюстрации: восстановление всех систем корней второго ранга по их простым корням. Коэффициенты Дынкина и структурная матрица Картана. Описание алгоритма восстановления с использованием структурной матрицы Картана.

Группа Вейля. Камеры Вейля и вектор Вейля. Однозначность восстановления системы корней по простым корням (независимость от разделения корней на положительные и отрицательные).

17. Классификация простых алгебр Ли

Диаграммы Дынкина. Несвязные и связные диаграммы Дынкина --- приводимые и неприводимые системы простых корней. Анализ допустимых диаграмм Дынкина. Классификация связных диаграмм Дынкина --- четыре бесконечные серии и пять исключительных диаграмм Дынкина.

Компактная и некомпактные вещественные формы простой комплексной алгебры Ли.

Случайные изоморфизмы комплексных алгебр и их вещественных форм.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в теорию групп

Цель дисциплины:

Формирование у студентов практических навыков работы с группами в той мере, в которой это требуется для решения современных задач математической физики.

Задачи дисциплины:

Обучение студентов основным принципам и методам теории групп, и тем самым в подготовке студентов к ведению исследований в областях теоретической физики и математики, где теория групп непосредственно применяется.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Основные принципы теории групп, соответствующие модели и абстракции.

уметь:

Эффективно использовать на практике теоретические понятия, решать базовые задачи, связанные с соответствующими понятиями теории групп.

владеть:

Основными методами теории групп.

Темы и разделы курса:

1. Теория Галуа.

Определение группы Галуа алгебраического уравнения.

Способы построения групп Галуа для данного алгебраического уравнения.

Свойства уравнения с заданной группой Галуа.

2. Решетки корней и весов.

Целочисленные решетки в многомерных пространствах, классификация.

Диаграммы Дынкина.

Простейшие отклонения от конечных решеток.

3. Модули Верма.

Определение модуля Верма.

Построение представления старшего веса для различных групп.

Тензорное произведение модулей Верма.

4. Матричные группы.

Классификация разных матричных групп.

Фундаментальное представление, присоединенное представление, их отличие.

Старшие представления, их свойства.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в теорию групп

Цель дисциплины:

Данный курс ставит своей целью изучение важнейшего раздела высшей математики: математической теории групп, лежащей в основе теории симметрии. В курсе будут затронуты два основных подраздела теории групп:

1. Алгебраическая теория групп – более абстрактная и математическая часть теории (группы перестановок, матричные группы, группы Ли, и т.д.);
2. Теория представлений групп – часть теории, имеющая более тесную связь с приложениями (представления конечных групп, представления групп Ли и алгебр Ли, и т.д.).

Данный курс опирается на общие понятия, конструкции и теоремы, излагаемые в курсах общей физики, высшей математики и теоретической физики.

Задачи дисциплины:

Данный курс ставит своей задачей дать студентам математические знания, необходимые для освоения материалов курсов, которые будут читаться в последующих семестрах в базовом цикле. В частности, умение использовать аппарат теории групп потребуется при освоении курсов «Квантовая теория поля» и «Дифференциальная геометрия». Кроме того, освоив данную дисциплину, студенты смогут лучше понимать научную литературу по тематике своей будущей специальности.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные понятия по теме дисциплины, такие как группа, действие группы на множестве, порядок элемента, классы сопряженности, представления групп, неприводимые представления, характеры представлений, тензорные произведения, многообразия, группы Ли, алгебры Ли, представления $SU(2)$, представления $SO(3)$, коэффициенты Клебша-Гордона.

уметь:

пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования, решать задачи по теме дисциплины. Основные технические задачи включают формальные вычисления в группах, вычисления таблицы умножения в группе, нахождения матрицы характеров, разложение представления на неприводимые, ограничения представления на подгруппу, нахождения тензорного произведения представлений.

владеть:

основными навыками необходимыми для решения задач теории групп возникающих в физике, такими как нахождения таблицы характеров (самостоятельно или в литературе) и разложения представления на неприводимые при помощи этой таблицы характеров.

Темы и разделы курса:

1. Определение группы. Группа перестановок.

Дается определение группы, и иллюстрируется на нетривиальном, но частично знакомом примере группы перестановок. Вводятся понятия циклов, независимых циклов, в конце вводится понятие четности перестановок.

2. Абелевы группы. Действие группы на множестве.

Вводятся абелевы группы, основные примеры аддитивные и мультипликативные группы вычетов. Понятие изоморфизма групп. Прямое произведение групп. Теорема о классификации конечнопорожденных абелевых групп. Действие группы на множестве, орбиты действия, стабилизаторы действия.

3. Теорема Лагранжа, классы сопряженности, нормальные подгруппы, полупрямое произведение.

Левое действие группы на себе, ограничение на подгруппу, теорема Лагранжа. Действие группы сопряжениями, классы сопряженности. Нормальные подгруппы. Определение фактор группы. Полупрямое произведение.

4. Разные конструкции.

Гомоморфизм групп, ядром, образ. Теорема о гомоморфизме. Теорема Кэли. Группа симметрии тетраэдра. Критерии представимости группы виде прямого и полупрямого произведения. Группа симметрий решетки на плоскости. Коммутент группы.

5. Представления групп.

Представление группы. Изоморфизм представлений. Подпредставления. Прямая сумма представлений. Неприводимые представления. Теорема Машке. Одномерные представления пропускаются через фактор по коммутанту.

6. Унитарность. Характеры представлений.

Унитарные представления. Унитаризуемость представлений конечных групп. Характеры представлений. Характеров неприводимых представлений образуют ортонормированный базис. Внутреннее тензорное произведения представлений.

7. Разные конструкции. Группа $SO(2)$.

Ограничение представления на подгруппу. Внешнее тензорное произведение представлений. Представления группы $SO(2)$.

8. Группы Ли, алгебры Ли.

Определение Группы Ли. Примеры: унитарная группа, ортогональная группа. Касательное пространство, замкнутость относительно коммутатора. Общее определение алгебры Ли.

9. Симметрические тензоры. Группы Ли $SO(3)$ и $SU(2)$.

Симметрические тензоры. Кососимметрические тензоры. Явная параметризация групп $SO(3)$, $U(2)$, $SU(2)$, Экспоненциальное отображение из алгебры Ли в группу Ли.

10. Представления алгебры $su(2)$.

Коммутативные группы и алгебры Ли. Представление алгебры Ли $su(2)$. Интегрирование представлений алгебры Ли до представлений группы Ли, представления групп $SU(2)$, $SO(3)$.

11. Представления групп $SO(3)$ и $SU(2)$.

Реализация конечномерных представлений групп $SU(2)$, $SO(3)$ в пространствах симметричных тензоров. Характеры представлений. Коэффициенты Клебша-Гордона. Ортогональность характеров неприводимых представлений.

12. Представления более общих групп Ли.

Комплексификация алгебры Ли, представления алгебры Ли $sl(2)$. Представления алгебр $so(4)$, $so(3,1)$, $so(2,2)$. Общее описание представления $Su(N)$ и $so(N)$. Алгебра Клиффорда, спинорные представления.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в теорию нелинейных диссипативных систем

Цель дисциплины:

ознакомление студентов с задачами и методами современной физики нелинейных диссипативных систем. В частности, студенты получают представление об основных моделях, понятийном аппарате, методах анализа и исследования динамики нелинейных систем, используемых в данной области физики. Это позволит им в будущем применять полученные ранее знания в области теоретической и математической физики к описанию нелинейных диссипативных систем. Целью дисциплины является формирование знаний и умений, необходимых для проведения междисциплинарных исследований с использованием методов современной теоретической физики, построения моделей сложных систем и их анализа.

Задачи дисциплины:

Получение у студентов знаний о современных задачах, решаемых в теории нелинейных диссипативных систем;

обучение студентов методам физики нелинейных диссипативных систем;

формирование умений и навыков применять полученные знания для решения задач в смежных областях науки — химической физике, биофизике и т.д.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

1. Основные задачи физики нелинейных диссипативных систем;
2. Основные понятия курса: устойчивость решений систем дифференциальных уравнений, автомодельные решения, бифуркация, показатели Ляпунова, динамический хаос, классификация аттракторов систем дифференциальных уравнений;
3. Смысл применяемых в курсе методов.

уметь:

1. Применять обсуждаемые в рамках курса подходы к решению задач физики нелинейных диссипативных систем.

владеть:

1. Теоретическим и понятийным аппаратом физики нелинейных диссипативных систем.

Темы и разделы курса:

1. Основные понятия физики нелинейных диссипативных систем

Основные понятия. Открытые системы. Неравновесность. Нелинейный осциллятор, возбудимая среда, автоволны, диссипативные структуры.

Элементы качественной теории динамических систем. Диссипативные системы. Фазовый портрет, траектория, основные типы бифуркаций на плоскости.

Устойчивость, характеристические показатели Ляпунова. Понятие аттрактора.

2. Бифуркации в многомерных системах

Бифуркации в многомерных системах. Странные аттракторы.

Отображение Пуанкаре. Теория одномерных гладких отображений.

Хаос в динамических системах и сценарии (пути) его возникновения.

Фрактальные структуры и их размерность.

3. Примеры пространственно-временных структур в нелинейных распределенных системах

Примеры пространственно-временных структур в нелинейных распределенных системах. Автоволновые режимы в средах с диффузией. Уравнение Фишера-Колмогорова-Петровского-Пескунова. Волны перемещения. Бегущие импульсы. Спиральные волны. Ведущие центры. Стационарные неоднородные структуры, бифуркация Тьюринга.

4. Пространственно-временные структуры в физических и химических системах и соответствующие модели

Пространственно-временные структуры в физических и химических системах и соответствующие модели. Модель Пригожина-Лефевра-Николиса («брюсселятор»). Тепловые волны и неоднородные стационарные состояния в системе $Fe+H_2$. Механизм эффекта баретирования.

5. Теоретическое описание сложных биохимических процессов и популяционной динамики

Теоретическое описание сложных биохимических процессов и популяционной динамики: ферментативный катализ – уравнение Михаэлиса-Ментен, модели популяционного роста с учетом ограничения емкости, модели структурированные по параметру; модель конкурирующих популяций, модель Жакоба и Моно; моделирование системы хищник-жертва, модель Лотки-Вольтерры.

6. Моделирование популяционной динамики с учетом пространственной структуры

Моделирование популяционной динамики с учетом пространственной структуры; связь теория-эксперимент, размерность параметрического пространства; ресурсное ограничение, диффузионный транспорт; реакционно-диффузионные уравнения; автоволновые решения – волна переключения, выбор скорости.

7. Многокомпонентные популяционные модели со сложной пространственной структурой

Многокомпонентные популяционные модели со сложной пространственной структурой; уравнение непрерывности, описание пространственной динамики 1-D и 3-D – параболические, гиперболические и эллиптические уравнения; конкуренция за ресурс, влияние пространственной динамики на композиционный состав; связь с простыми не распределенными системами.

8. Динамика нелинейных осцилляторов, некоторые примеры

Динамика нелинейных осцилляторов; не изохронность, сепаратриса, связь с решениями в виде бегущих волн, хаотическая динамика нелинейных колебаний.

9. Решения в виде бегущих волн. Модель асимптотически тонкого фронта реакции

Решения в виде бегущих волн. Модель распространения волн горения. Элементы асимптотического анализа структуры и скорости фронта реакции. Модель фронта реакции со свободной границей.

10. Устойчивость бегущих волн на примере волны горения

Задача линейной устойчивости решений в виде бегущих волн на примере модели фронта реакции со свободной границей. Классификация типов неустойчивости, дисперсионные соотношения.

11. Нелинейная динамика фронтов реакции

Решения, возникающие при потере устойчивости бегущих волн горения. Модель распространения волны горения с цепным механизмом реакции. Сценарий Фейгенбаума рождения хаотических режимов распространения волн горения.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в теорию струн

Цель дисциплины:

формирование у студентов представления о теории струн, обсуждения основных методов описания и квантования в теории струн, описания связей с другими теориями и моделями.

Задачи дисциплины:

обучение студентов основным принципам и методам теории струн, подготовке студентов к ведению исследований, связанных с теорией струн и близкими областями теоретической физики и математики.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные принципы теории струн, соответствующие свойства и методы.

уметь:

эффективно использовать на практике теоретические понятия, решать базовые задачи, связанные с теорией струн.

владеть:

основными методами, используемыми при решении задач, связанных с теорией струн.

Темы и разделы курса:

1. Введение

Бозонная точечная частица, симметрии.

Вращающаяся точечная супер частица, супер частица Бринка-Шварца, суперсимметрия.

2. Классическая бозонная струна

Классическая струна, действие Намбу-Гото.

Действие Полякова, Вейлевская инвариантность, диффеоморфизмы.

D-браны, открытые струны, замкнутые струны, T- и S-дуальности.

Алгебра Вирасоро.

3. Квантовая бозонная струна

Возмущения, разложения по модам.

Квантование на световом конусе.

Спектр бозонной струны, тахионы.

Контрольная работа № 1.

4. Классическая фермионная струна

Спиноры в общей теории относительности.

Действие Грина-Шварца и Рамона-Навье-Шварца для суперструн.

Суперструны типа I, IIА, IIВ.

Суперсимметрия, Вейлевская и супер Вейлевская симметрии действия РНШ.

Супер конформная калибровка.

Граничные условия Рамона и Навье-Шварца для суперструны РНШ.

Супер алгебра Вирасоро.

5. Квантовая фермионная струна

Каноническое квантование, квантование на световом конусе.

Спектр фермионной струны для типа I, IIА, IIВ, ГШО проекция.

Контрольная работа № 2.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в термодинамику газоплазменного состояния

Цель дисциплины:

- формирование базовых знаний по геометрии для дальнейшего использования в других областях математического знания и дисциплинах естественнонаучного содержания;
- формирование математической культуры, исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся базовых знаний по термодинамике газоплазменного состояния;
- формирование общефизической культуры: умение мыслить в категориях термодинамики и статистической физики, проводить вывод основных формул;
- формирование умений и навыков применять полученные знания для понимания и описания термодинамических свойств газовых и плазменных сред, самостоятельного анализа полученных результатов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия термодинамики и физики плазмы;
- термодинамические функции, производящие термодинамический потенциалы;
- классификацию типов термодинамического равновесия, особенностей термического и calorического уравнений состояния;
- взаимосвязи аномалий термодинамических и гидродинамических процессов, специфику термодинамического описания адиабатических процессов и течений газоплазменных сред;
- виды фазовых состояний и опорных объектов на фазовых диаграммах вещества, типы фазовых превращений в газоплазменных средах.

уметь:

- решать простейшие задачи термодинамики и физики плазмы методом уравнений состояния и канонических преобразований наборов термодинамических неравенств;
- использовать язык фазовых диаграмм для решения задач;
- использовать различные виды и определять тип кривых и поверхностей уравнений состояния вещества;
- уметь исследовать свойства устойчивости термодинамических сред по заданному уравнению состояний.

владеть:

- математическим аппаратом термодинамики и физики плазмы, аналитическими методами исследования уравнения состояний и фазовых переходов.

Темы и разделы курса:

1. Неидеальная плазма в земных и космических приложениях.

Традиционные объекты. Разряды. Продукты сгорания и взрыва. Плазма в современных и перспективных энергоустройствах. Инерциальный термоядерный синтез. Ядерная энергетика. Проблемы безопасности и техногенных катастроф.

Высокоэнергетическое воздействие на вещество. Лазерный нагрев. Электронные и ионные пучки. Микро-электровзрыв.

Неидеальная плазма в астрофизических приложениях. Характерные параметры плазмы астрофизических объектов (Солнца, планет-гигантов, белых и коричневых карликов, нейтронных звезд). Примеры нетрадиционных систем с сильным кулоновским взаимодействием. Электрон-дырочная плазма полупроводников. Плоские слои зарядов. Ионы в магнитных ловушках.

2. Общие сведения о механизмах неидеальности и их влиянии на термодинамику вещества с высокой концентрацией энергии.

Понятие о механизмах неидеальности по разным типам межчастичного взаимодействия и их влиянии на термодинамику газоплазменных систем. Терминология. Поправки на неидеальность. Идеализация бинарно-аддитивного межчастичного взаимодействия.

Два эффекта межчастичного притяжения – образование ассоциаций и потеря термодинамической устойчивости (фазовый переход). Основные эффекты и определяющие безразмерные параметры. Ионизация давлением. Термин и содержание. Строение N-T диаграммы для водорода и плазмы металлов. Взаимодействие заряд-нейтрал и нейтрал-нейтрал. Параметры неидеальности.

3. Общие сведения о фазовой диаграмме вещества с высокой концентрацией энергии.

Области конденсированного, плазменного и идеально-газового состояния. Зона электронного вырождения. Границы фазовых переходов испарения и плавления перехода газ-жидкость в термическом и калорическом УРС. Общий вид фазовой диаграммы вещества в стандартных представлениях: P-N, P-V, T-V и H-T. Сосуществование фаз. Уравнение Клапейрона - Клаузиуса. Двухфазные области. Бинодаль, спинодаль, тройная и критическая точки. Метастабильные состояния.

Опорные размерные величины вещества: нормальная плотность, теплота плавления, кипения и сублимации, энергии ионизации, диссоциации и др. Критические параметры. Взаимосвязь с параметрами межчастичного взаимодействия.

Понятие полос ионизации (ПИ). Укрупненные (оболочечные) полосы. Полосы молекулярных превращений. Взаиморасположение. Предельные свойства. Связь с термохимическими параметрами.

Полуэмпирические закономерности для границы перехода газ-жидкость. Правило прямолинейного диаметра. Линейность логарифма давления насыщения как функции от обратной температуры. Степенной характер убывания теплоты испарения с температурой.

Понятие о гипотетических "плазменных фазовых переходах" (ПФП). История и современные поиски в плотной плазме водорода, благородных газах и металлах. Результаты экспериментальных поисков ПФП.

Неконгруэнтные фазовые переходы (НФП) в плазме смесей и химических соединений (компаундов). Особенности фазовых диаграмм НФП. Фазовые переходы в уран-содержащих топливах современных и перспективных ядерных реакторов и связь с проблемой безопасности ядерной энергетики.

4. Основные понятия термодинамики вещества с высокой концентрацией энергии.

Состояние термодинамического равновесия. Равновесие полное и частичное. Двухтемпературная плазма, "замороженные" степени свободы. Особенности термодинамического равновесия в кулоновских системах. Электрохимический и локальный химический потенциалы.

Термодинамические величины. Общая структура. Иерархичность. Стандарт обозначений. Термодинамические ("Производящие") потенциалы, их естественные переменные. Сопряженные переменные. Исключительность свободной энергии $F(N,V,T)$ и термодинамического потенциал $\square(\square,V,T)$ в теории неидеальной плазмы. Безразмерные комплексы: PV/RT , U/RT , U/PV и др. Дифференциальные характеристики: теплоемкости, сжимаемость, коэффициент термического расширения, скорость звука, показатели изотермы и изоэнтропы, параметр Грюнайзена.

Уравнения состояния (УРС): Термическое и калорическое УРС. Неполнота калорического УРС $U(P,V)$. Особенности термодинамического описания в сопряженных переменных.

Термодинамические процессы. Обратимые и необратимые. Адиабатические процессы. Смысл их графического изображения. Ударное и изоэнтропическое сжатие и расширение (адиабаты Пуассона и Гюгонио). Исключительная роль калорического УРС $U(P,V)$ для описания гидродинамики адиабатических течений и для экспериментального изучения

неидеальной плазмы (ударные волны, взрывающиеся проволочки, изоэнтропические разгрузка и сжатие). Связь параметров адиабатических процессов с калорическим УРС.

Понятие о термодинамическом подобии.

5. Особенности кулоновской неидеальности в плотной плазме.

Дебаевское приближение для поправок на неидеальность. Проблема разделения степеней свободы на внутренние и поступательные. Общие представления об аппарате строгой теории неидеальных систем. Разложения, диаграммы, Понятия о диаграммном пересуммировании.

Неидеальная плазма в идеализированных кулоновских моделях. Общие сведения о семействе кулоновских моделей и структуре их фазовых диаграмм. Однокомпонентная классическая плазма (ОКП). Электронный газ (модель "желе"). Модель классической ионной смеси. Заряженные твердые сферы. Двухкомпонентные модели. Фазовые свойства кулоновских моделей.

6. Связь термодинамики с приближением сплошной среды.

Связь электростатики и термодинамики в задачах термо-электростатики. "Самосогласованное" приближение ("среднего поля"). Бескорреляционные приближения Пуассона-Больцмана и Томаса-Ферми. Простейший учет корреляций. Приближения Томаса-Ферми-Дирака и Пуассона-Больцмана-Дебая. Примеры: электроны в атомной ячейке, заряды вокруг мелкодисперсной конденсированной частицы, структура двойного электрического слоя на границе проводника, профиль заряда в Z-пинче, ионы в магнитных накопителях.

Течения. Адиабатические течения: изоэнтропическое, дросселирование, расширение в пустоту, ударное сжатие. Эффективный показатель изоэнтропы. Приближение локального термодинамического равновесия (ЛТР). Полное и неполное ЛТР. Замороженные течения. Роль калорического уравнения состояния $U(PV)$ в адиабатических течениях. Связь показателя изоэнтропы и формы ударной адиабаты с УРС $U(PV)$. Неполнота термодинамического описания, содержащаяся в калорическом УРС. Пример трех идеальных газов и системы частиц с взаимодействием $\sim 1/r^2$.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в физику высоких энергий

Цель дисциплины:

Познакомить обучающихся с физикой высоких энергий.

Задачи дисциплины:

- Сформировать представление о теоретических моделях, применяемых в ФВЭ, и об их месте в современной картине физики элементарных частиц.
- Задать основные направления для дальнейшего освоения дисциплины в рамках программы обучения или в процессе самостоятельной подготовки.
- Научить производить простейшие количественные оценки, понимать порядки величин и качественные причины характерных процессов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные классы явлений в ФВЭ, и иметь представление об описывающих их теориях

уметь:

определять тип доминирующего взаимодействия для данной реакции и вычислять количественные оценки характерных величин.

владеть:

основными понятиями ФВЭ.

Темы и разделы курса:

1. Эксперимент в ФВЭ.

Повторение основных моментов СТО, которая проходила на курсах общей и теоретической физики. Устройство ускорителей. Светимость и сечение. Измеряемые

величины в детекторах. Часто встречающиеся кинематические переменные. Инвариантный фазовый объём

2. Резонансы.

Задача рассеяния в квантовой механике. Парциально-волновое разложение. Формула Брейта-Вигнера. Диаграмма Арганда.

3. Частицы и взаимодействия.

Стандартная модель. Квантовые числа и заряды. Симметрии. Группа Пуанкаре. Спин и чётность. Изоспин.

4. Некоторые элементы КТП.

Квантование скалярного поля. Корреляционные функции и их связь с задачей рассеяния. Разложение в ряд по константе связи. Диаграммы Фейнмана.

5. Слабое взаимодействие.

Четырёхфермионное взаимодействие. Распад τ -лептона. Заряженные токи и W -бозон. Угол Кабиббо и СКМ-матрица.

6. Партоновая модель.

Асимптотическая свобода в КХД. Процесс $e^+e^- \rightarrow$ адроны. Глубоко неупругое рассеяние. Процесс Дрелла-Яна. Экспериментальные методы измерения партонных плотностей.

7. Кварковая модель адронов.

Волновая функция протона. Расширение изоспиновой $SU(2)$ до $SU(3)$. Декуплет барионов. Нонеты псевдоскалярных и векторных мезонов.

8. Решение типовых задач.

Разбор типовых задач по предыдущим темам.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в физику конденсированного состояния

Цель дисциплины:

Познакомить обучающихся с основами физики конденсированного состояния – дисциплиной, необходимой для работы во всех областях физики, соответствующих тематикам РКЦ.

Задачи дисциплины:

Дать понятия об основных концепциях физики конденсированного состояния.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные понятия физики конденсированного состояния на уровне, необходимом для работы с современной научной литературой.

уметь:

решать задачи, связанные с основными разделами физики конденсированных сред.

владеть:

математическим аппаратом, необходимым для решения таких задач.

Темы и разделы курса:

1. Основные понятия физики конденсированного состояния

Атомные масштабы. Малые параметры физики конденсированного состояния. Одно- и многочастичная физика. Метод функционала плотности.

2. Решетки

Теорема Блоха. Зоны. Симметрии. Типы твердых тел (изоляторы, полупроводники, металлы). Статистика электронов в металлах, поверхность Ферми, электронная теплоемкость. Статистика электронов и дырок в полупроводниках. Графен.

3. Колебания решетки

Фононы. Акустические и оптические фононы. Фононная теплоемкость - модель Дебая.

4. Эффекты взаимодействия

Электрон-фононное взаимодействие. Поляроны в изоляторах. Эффекты электронно-дырочного взаимодействия в полупроводниках. Экситон Ванье — Мотта. Эффекты электрон-электронных взаимодействий в металлах. Два крайних предела: свободные электроны и вигнеровский кристалл. Теория ферми-жидкости Ландау. Коллективные эффекты электронного взаимодействия. Плазмоны. Экранирование в модели Томаса — Ферми. Твердые тела с коррелированными электронами. Изолятор Мотта.

5. Основные оптические свойства твердых тел

Межзонные оптические спектры поглощения твердых тел. Фононные и экситонные поляритоны. Оптические свойства локальных центров. Коллективные эффекты в оптическом отклике.

6. Кинетические свойства проводников

Примесное рассеяние. Проводимость Друде. Классический эффект Холла. Эффекты электрон-фононного и электрон-электронного рассеяния. Роль процессов переброса.

7. Квантовые эффекты в неупорядоченных проводниках. Локализация и целочисленный квантовый эффект Холла

Переход Андерсона. Слабая локализация и мезоскопические эффекты. Квантовый эффект Холла. Топологические изоляторы.

8. Магнетизм

Происхождение магнетизма, обменное взаимодействие. Ферро- и антиферромагнетики.

Модель Изинга. Модель Гейзенберга. Нарушение симметрии и макроскопического порядка. Магноны как голдстоновские бозоны. Магноны в ферромагнетиках и антиферромагнетиках. РККИ взаимодействие спиновых примесей в проводнике.

9. Фазовые переходы в магнитных системах

Функционал Гинзбурга-Ландау. Флуктуационная область. Роль размерности. $d \leftrightarrow d+1$ квантово-классическое соответствие. Теорема Мермина — Вагнера. Двумерный магнетизм. Переход Березинского-Костерлица-Таулеса. Топология.

10. Спин-орбитальные эффекты и топологические изоляторы

Фаза Берри и число Черна. Одномерная модель Изинга в поперечном поле. Спин-орбитальная связь в твердых телах. 2D и 3D топологические изоляторы. Майорановские состояния как потенциальные кубиты.

11. Сверхпроводимость

Куперовская неустойчивость ферми-газа. Элементы теории БКШ. Спектр возбуждения. Макроскопический параметр порядка. Функционал Гинзбурга-Ландау. Квантование потока. Эффект Мейснера. Сверхпроводимость. Эффект Джозефсона. Сверхпроводящие квантовые приборы: СКВИДы; джозефсоновский переход как потенциальный кубит.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в физику конденсированного состояния

Цель дисциплины:

Освоение студентами основных понятий в области конденсированного состояния, включая причины конденсации, основные состояния - жидкости, твердые растворы, идеальные кристаллы, квазикристаллы и различные виды дефектов в кристаллах.

Задачи дисциплины:

- Формирование базовых знаний в области физики конденсированного состояния, природы сил, ответственных за конденсацию.
- Формирование базовых знаний для освоения последующих специализированных курсов по квантовой физике электронных свойств конденсированного состояния
- Понимание ключевых физических экспериментов и теоретических результатов, лежащих в основе формирования современного уровня знаний о свойствах конденсированном состоянии.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

1. Физические принципы образования конденсированного состояния
2. Природа межчастичных взаимодействий
3. Корреляции в жидкой и твердой фазах
4. Диаграмму РТ-состояний классических жидкостей
5. Основные свойства квантовых жидкостей и РТ-диаграмму их состояний
6. Принципы симметрии и законы сохранения
7. Принципы и методы получения низких температур
8. Научные задачи, над которыми работают в лабораториях - партнерах образовательной программы.
9. Технику безопасности и правила работы в низкотемпературных физических экспериментах и в экспериментах с сильными магнитными полями.

уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические знания: понятия, результаты, гипотезы, законы;
- представить панораму универсальных методов и законов современной физики конденсированного состояния;
- абстрагироваться от несущественных факторов при моделировании реальных физических процессов и явлений;
- делать численные оценки масштаба ожидаемых эффектов;
- планировать оптимальное проведение экспериментов для решения поставленных задач.

владеть:

1. Информацией об актуальных направлениях исследований в области квантовой физики конденсированного состояния.
2. Теоретическими моделями фундаментальных процессов и явлений в физике конденсированного состояния
3. Методами анализа и обработки экспериментальных данных.

Темы и разделы курса:

1. Введение в конденсированное состояние

Введение в конденсированное состояние. Рассмотрены основные макроскопические переменные. На примере классической молекулы H_2O рассмотрена P-T-диаграмма состояний. Нарушенная симметрия и жесткость. Вводные сведения о пространственных корреляциях в жидкой фазе. Рассмотрены корреляционные функции в жидкости. Флуктуации и размерность пространства. Рассмотрены характерные энергии и потенциалы. Природа ван-дер Ваальсовское притяжения. Отталкивание как результат обменного взаимодействия.

2. Простые жидкости. Общие представления о конденсации

Рассмотрены простые жидкости. Даны общие представления о конденсации. Распределение вероятностей. Изложены основы кинетической теории, более формальное рассмотрение корреляций в жидкости. Средние значения и термодинамические флуктуации. Введение в квантовые жидкости и их P-T-диаграмма.

3. Квантовые жидкости 4He , 3He . Физика методов охлаждения

Физика и термодинамика методов охлаждения. Понижение давления паров жидкости. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Квантовые жидкости 4He , 3He . История открытия, получение, основные свойства He. Сверхтекучесть 4He и 3He . Основные термодинамические циклы. Адиабатическое размагничивание парамагнетика. Эффект Померанчука. Растворение 3He в 4He как квантовый эффективный процесс охлаждения.

4. Кристаллическая решетка. Типы связей. Типы твердых тел

Типы твердых тел. Кристаллическая решетка. Типы связей. Общие соображения об образовании твердого тела при конденсации атомов и о типах связи. Свойства металлической связи. Металлическая связь. Ковалентные кристаллы, молекулярные кристаллы, ионные кристаллы. Классические и квантовые колебания атомов. Квантовые кристаллы.

5. несовершенства в кристаллах. Смещенные атомы. Дислокации

Несовершенства в кристаллах. Смещенные атомы. Типы точечных дефектов. Диффузия атомов. Дислокации. Краевые. Винтовые. Энергия дислокаций, движение дислокаций. Пластическая деформация. Подвижность и размножение дислокаций. Взаимодействие дислокаций.

6. Растворы и химические соединения металлов. Фазовая T-x диаграмма.

Растворы и химические соединения металлов. Фазовая диаграмма T-x. Упорядоченные растворы. Фазовые превращения. Фазовые диаграммы. Фазовые диаграммы эвтектического типа. Сплавы типа растворов внедрения.

7. Колебания атомов. Решеточная тепловая энергия твердых тел

Колебания атомов. Решеточная тепловая энергия твердых тел. Теплоемкость кристаллической решетки. Модели Больцмана, Дебая, Эйнштейна. Колебания в моноатомной цепочке. Закон дисперсии. Квантование колебаний. Фононы. Акустические и оптические фононы. Методы измерения спектра фононов.

8. Электронные состояния в кристаллах. Решетка Браве. Зоны Бриллюэна и энергетические зоны. Поверхность Ферми

Электронные состояния в кристаллах. Решетка Браве. Уравнение Шредингера для электрона в периодическом потенциале. Теорема Блоха. Граничное условие Борна-Кармана. Зоны Бриллюэна и энергетические зоны. Приближение слабой связи. Поверхность Ферми.

9. Электроны в периодической решетке. Электроны как волны. Приближение сильной связи. Приближение слабой связи. Свободные электроны в металле. Блоховские осцилляции

Электроны в периодической решетке. Электроны как волны. Приближение сильной связи. Свободные электроны в металле. Блоховские осцилляции. Динамика электронов.

10. Зонная структура. Металлы, полупроводники, изоляторы

Зонная структура. Металлы, полупроводники, изоляторы. Методы исследования зонной структуры.

11. Основы теории рассеяния. Классическое тау-приближение- теория Друде. Квазиклассическое приближение – теория Зоммерфельда

Основы теории рассеяния. Классическое тау-приближение. Формула Друде. Ошибочные предположения и проблемы в теории. Квазиклассическое приближение – теория Зоммерфельда.

12. Транспорт заряда. Механизмы рассеяния. Фононы, дефекты, электрон-электронное рассеяние. Процессы с перебросом

Транспорт заряда. Механизмы рассеяния. Фононы, дефекты, электрон-электронное рассеяние. Процессы с перебросом.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в физику металлов и сверхпроводимость

Цель дисциплины:

Простое и ясное изложение основ физики сверхпроводимости. Целью выводов часто является качественный результат и оценка по порядку величины, что позволяет избегать сложных теорий и расчетов, необходимых для получения точных результатов.

Задачи дисциплины:

Развитие у студентов навыков физического мышления, умения ставить и решать простые задачи по сверхпроводимости, свободно владеть основными определениями и терминологией в рамках данного курса.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Простейшие уравнения, математические методы и физические модели физики сверхпроводимости.

уметь:

Использовать уравнения и модели физики сверхпроводимости для решения простых задач физики сверхпроводимости.

владеть:

Первичными навыками анализа проблем физики сверхпроводимости и соответствующих расчетов.

Темы и разделы курса:

1. Общие понятия теории металлов.

Концепция модели свободных электронов, длина свободного пробега. Предположения теории Друде. Статическая электропроводность металла. Высокочастотная проводимость.

2. История сверхпроводимости.

Жидкий гелий. Открытия Камерлинг-Оннеса. Сверхпроводники: металлы, сплавы и оксиды.

Эффект Мейсснера-Оксенфельда. Глубина проникновения магнитного поля в сверхпроводник. Обзор существующих теорий сверхпроводимости.

3. Линейная электродинамика сверхпроводников.

Уравнения Лондонов. Двухжидкостная модель Гортера-Казимира. Геометрическая и кинетическая индуктивность.

Решение задач.

4. Скин-эффект и поверхностный импеданс в нормальных металлах и сверхпроводниках.

Применение первого уравнения Лондонов. Глубина проникновения высокочастотных полей, температурная зависимость скин-глубины и поверхностного импеданса.

5. Второе уравнение Лондонов. Лондоновские и пиппардовские сверхпроводники.

Распределение поля и тока в массивном сверхпроводнике.

Лондоновская калибровка.

Нелокальное соотношение Пиппарда между сверхтоком и векторным потенциалом.

Глубина проникновения в пиппардовских сверхпроводниках.

6. Распределение поля и тока.

Распределение поля и тока в сверхпроводящей пластине и тонкой пленке, помещенной в магнитное поле. Сверхпроводящие экраны. Индуктивность сверхпроводящей петли над сверхпроводящим экраном. Распределение тока в многосвязных сверхпроводящих петлях.

7. Сверхпроводящая волновая функция.

Вектор-потенциал и градиентно-инвариантный импульс в сверхпроводнике. Импульс электромагнитной волны. Эффекты Ааронова-Бома. Квазиклассическое уравнение сверхпроводимости. Градиентная инвариантность. Квантование магнитного потока.

8. Термодинамические свойства свободного электронного газа.

Основное состояние. Распределение Ферми-Дирака. Свободные энергии Гельмгольца и Гиббса. Термодинамика сверхпроводников. Новый тип конденсированного состояния. Свободная энергия, критическое поле, энтропия и теплоемкость. Термодинамика магнитных систем.

9. Переход в сверхпроводящее состояние.

Фазовые переходы 2 рода типа порядок беспорядок. Сверхпроводящий параметр порядка. Функционал Гинзбурга-Ландау.

10. Основы теории Гинзбурга-Ландау.

Уравнения Гинзбурга-Ландау. Длина когерентности в сверхпроводнике и нормальном металле, находящемся в контакте со сверхпроводником.

11. Сверхпроводники I и II рода.

Энергия границ нормальной и сверхпроводящей фазы. Намагничивание магнетиков произвольной формы. Промежуточное состояние.

Смешанное состояние сверхпроводников второго рода.

12. Энергия вихря Абрикосова.

Критические поля сверхпроводников 2 рода. Пиннинг вихрей Абрикосова.

13. Слабая сверхпроводимость.

Виды слабых связей. Эффекты Джозефсона. Генерация электромагнитных волн, ступени Шапиро.

14. Применения сверхпроводников.

Применения для техники «сильных токов».

15. Сверхпроводниковая цифровая и квантовая электроника.

Сверхпроводниковая цифровая и квантовая электроника.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в физику нейтрино

Цель дисциплины:

- Изложение фундаментальных основ физики нейтрино
- Изучение экспериментальных методов в физике нейтрино: проведенные и текущие исследования

Задачи дисциплины:

- Формирование общего представления о фундаментальных задачах физики нейтрино
- Знакомство с экспериментальными методами, которые были созданы в процессе исследований в этой области
- Ознакомление с текущими нейтринными экспериментами – их целями, методами и результатами

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основы теории нейтринной физики; основные процессы, в которые вовлечены нейтрино; фундаментальные проблемы современной нейтринной физики; современное состояние экспериментальных исследований в этой области знаний; методы создания/возникновения и регистрации нейтрино.

уметь:

применять теоретические знания для планирования и осуществления экспериментов; оценивать вероятность основных процессов в нейтринной физике; выделять основной физический процесс для наблюдаемого явления.

владеть:

экспериментальными методами в физике нейтрино; методами измерений характеристик нейтрино.

Темы и разделы курса:

1. Предсказание и открытие нейтрино

Фундаментальные проблемы, приведшие к возникновению гипотезы о существовании частицы нейтрино. Гипотеза Паули о существовании новой частицы. Теория 4-х фермионных взаимодействий Ферми. Экспериментальные поиски новой частицы. Первый успешный эксперимент по регистрации нейтрино.

2. Теория взаимодействия нейтрино с веществом

Основы теории нейтринных взаимодействий. От 4-х фермионной теории Ферми к предсказанию промежуточных бозонов. Нейтральные токи - предсказание и экспериментальное открытие. Вектор-аксиальная структура токов. Нейтрино в Стандартной Модели физики частиц. Число поколений нейтрино.

3. Основные процессы детектирования нейтрино

Характерные реакции, используемые для регистрации нейтрино. Энергетический спектр нейтрино и характерные реакции в каждом диапазоне энергий. Характерные источники и детекторы на каждом интервале энергий.

4. Солнечные нейтрино

Первая экспериментальная регистрация солнечных нейтрино, проблема дефицита солнечных нейтрино. Галлий-германиевые эксперименты. Достоверное обнаружение нейтринных осцилляций. Современные эксперименты по исследованию солнечных нейтрино. Значение регистрации нейтрино для построения моделей Солнца

5. Нейтринные осцилляции

Аномалии в наблюдении солнечных нейтрино. Гипотеза нейтринных осцилляций. Феноменология и общее описание процесса. Современное квантово-механическое описание осцилляций, квантово-полевое описание. Следствие в виде массивности нейтрино. Осцилляции нейтрино в веществе.

6. Атмосферные нейтрино

Механизмы возникновения нейтрино в ливнях космических частиц. Детектирование атмосферных нейтрино. Исследование нейтринных осцилляций с помощью атмосферных нейтрино. Регистрация нейтрино из атмосферы над установкой и после прохождения частиц сквозь Землю.

7. Астрофизические нейтрино

Астрофизические механизмы создания нейтрино. Энергии космических нейтрино. Экспериментальное детектирование нейтрино высоких энергий. Измерение параметров нейтринных осцилляций и массы нейтрино при помощи космических лучей. Многоканальная астрономия.

8. Реакторные нейтрино

Процессы рождения нейтрино в ядерных реакторах. Методы регистрации реакторных нейтрино. Современные эксперименты. Проблема дефицита реакторных нейтрино. Будущие эксперименты, определение иерархии масс нейтрино.

9. Ускорительные нейтрино

Принципы получения нейтринных пучков на ускорителе. Открытие мюонных нейтрино. Первые ускорительные эксперименты для исследования осцилляций нейтрино. Современные ускорительные эксперименты. Будущие эксперименты, их задачи и методы.

10. CP- нарушение в лептонном секторе, лептоногенезис

Механизм нарушения CP симметрии в нейтринных осцилляциях. Методы для его обнаружения, эксперименты на "появление" и "исчезновение". Текущие экспериментальные результаты по поиску CP нарушения. Фундаментальное значение нарушений данной симметрии в физике. Лептоногенезис.

11. Введение в теорию массивных нейтрино

Нейтрино в рамках СМ. Методы описания феномена массивности нейтрино. Дираковский и Майорановский фермион. Смешивание двух подходов, модель качелей.

12. Измерение массы нейтрино, двойной бета-распад

Эксперименты по прямому обнаружению массы нейтрино. Эксперименты по измерению спектров бета-распада. Косвенные измерения массы нейтрино. Двойной бета-распад. Поиски безнейтринного двойного бета-распада.

13. Стерильные и тяжелые нейтрино

Проблемы описания массы нейтрино. Необходимость физики за пределами стандартной модели. Аномалии в реакторных, ускорительных и галлий-германиевых экспериментах. Гипотеза о существовании стерильного нейтрино и поиски этой частицы. Гипотеза о массивных нейтрино и их роль в образовании масс легкого нейтрино. Поиски стерильных нейтрино в реакторных экспериментах. Поиски тяжелых нейтрино.

14. Геонейтрино

Механизмы рождения нейтрино в коре и мантии Земли. Информация, получаемая при помощи геонейтрино. Прикладные задачи, которые можно решать с помощью нейтрино.

15. Фундаментальные проблемы физики нейтрино

Массивность нейтрино. Аномалии, обнаруженные в осцилляционных экспериментах. Гипотезы о существовании новой физики за пределами Стандартной Модели физики частиц.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в физику низкотемпературной плазмы

Цель дисциплины:

Изучение физических основ низкотемпературной плазмы, ее свойств и приложений.

Задачи дисциплины:

- освоение студентами базовых знаний в области физики низкотемпературной плазмы;
- приобретение студентами знаний в области приложений низкотемпературной плазмы;
- оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных теоретических и экспериментальных исследований в области физики низкотемпературной плазмы;
- приобретение навыков количественных оценок основных параметров, характеризующих свойства низкотемпературной плазмы.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики;
- порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;
- современные проблемы физики, химии, математики;
- квантовые явления, проявляющиеся при столкновениях элементарных частиц в плазме.

уметь:

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач;
- производить численные оценки по порядку величины;

- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и вычислительные методики;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы в Интернете;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотной обработки результатов расчета и сопоставления с аналитическими данными;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
- навыками теоретического анализа реальных задач в области низкотемпературной плазмы.

Темы и разделы курса:

1. Термодинамика низкотемпературной плазмы

Принцип детального равновесия. Вывод формулы Саха. Система уравнений для определения состава плазмы в многокомпонентных газах.

Понятие и параметры неидеальности. Энергия электростатического взаимодействия в плазме. Уравнение состояния слабонеидеальной плазмы. Снижение потенциала ионизации в неидеальной плазме.

2. Гидродинамика низкотемпературной плазмы

Модель проводящей среды (одножидкостная модель). Модель двух жидкостей. Параметр Холла. Проводимость плазмы в магнитном поле.

Течение вязкой проводящей среды в канале. Профили Гартмана для скорости, плотности электрического тока и магнитного поля. Параметр Гартмана. Практические приложения этого явления.

3. Элементарные процессы в плазме

Понятие сечения рассеяния. Типы сечений. Следствия законов сохранения энергии и импульса. Условия справедливости классического и квантового описания столкновений частиц.

Классическая теория рассеяния. Формула Резерфорда для рассеяния заряженных частиц. Поляризационное взаимодействие. Резонансная перезарядка. Общие закономерности для сечений рассеяния. Квантовые эффекты: резонансное рассеяние, эффект Рамзауэра.

Ионизация и рекомбинация заряженных частиц в плазме. Образование и гибель отрицательных ионов. Процессы с участием возбужденных частиц.

4. Кинетическое описание плазмы. Кинетические эффекты в низкотемпературной плазме

Проводимость и диэлектрическая проницаемость плазмы. Распространение электромагнитных волн в плазме. Амбиполярная диффузия плазмы. Соотношение Эйнштейна.

Условия неравновесности энергетического распределения электронов и ионов в плазме. Уравнение Больцмана. Двучленное (лоренцево) приближение. Распределение электронов слабоионизованной плазме в электрическом поле. Влияние магнитного поля. Абсолютная и дифференциальная проводимость плазмы. Убегание электронов. Распределение ионов в плазме по скоростям.

5. Излучение в низкотемпературной плазме

Излучение в линиях. Фоторекомбинация электронов и ионов. Тормозное излучение при рассеянии заряженных частиц друг на друге и с нейтральными частицами.

Естественное уширение. Доплеровское уширение. Столкновительное уширение. Влияние микрополей в плазме.

6. Низкотемпературная плазма в природе и лаборатории. Ее приложения

Плазма Солнца. Атмосферное электричество. Молния и другие разряды в атмосфере.

Газовый разряд: тлеющий разряд, несамостоятельный разряд, дуга, корона, искра, разряд в электромагнитных волнах. Пучковая плазма. Фотоплазма. Лазеры, плазмохимия, источники света, микроэлектроника, плазменные двигатели, МГД генераторы, сварка, нанесение покрытий, плазменная аэродинамика, плазменная медицина.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в физику переноса излучений и газов

Цель дисциплины:

Изложить основы экспериментальных и теоретических методик анализа и моделирования переноса излучений и газов.

Задачи дисциплины:

Формирование базовых знаний в области физики переноса массы и энергии на основе кинетического уравнения Больцмана;

обучение студентов основным методам и подходам, используемым в кинетической теории, изучение базовых принципов кинетической теории, основанной на уравнении Больцмана.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Основные физические принципы и методы кинетической теории Больцмана, физические явления, лежащие в основе методов переноса излучений в сложных средах и композициях.

уметь:

Решать поставленные задачи в области физики переноса излучений.

владеть:

Основами методов экспериментального моделирования проникающих излучений, методами разработки проблемно-моделирующих сред.

Темы и разделы курса:

1. Меры количества излучения, дозы и нормы облучения.

Поток (флюенс) частиц, плотность потока, единицы измерения. Поглощенная доза, мощность поглощенной дозы, единицы измерения.

Эквивалентная поглощенная доза, коэффициенты качества (весовые множители) различных видов излучения, группы критических органов (тканевые весовые множители), мощность дозы, единицы измерения, эквивалентная доза смешанного облучения.

2. Поток (флюенс) частиц, плотность потока, единицы измерения.

Постановка начальных и граничных условий для кинетического уравнения. Характерные масштабы, безразмерные величины и критерии подобия. Особенности и режимы течения газа в микро и нано устройствах.

3. Поглощенная доза, мощность поглощенной дозы, единицы измерения.

Нейтроны: сечение взаимодействия, парциальные сечения упругого и неупругого рассеяния, захвата (радиационного и с испусканием заряженных частиц), деления, пороговых реакций. Фотоны: фотоэлектрическое поглощение, комптоновское рассеяние, эффект образования пар, фотоядерные реакции.

4. Коэффициенты качества (весовые множители) различных видов излучения.

Дискретизация по скоростному пространству.

Столкновение молекул.

Методы интегрирования. Оптимальные коэффициенты Коробова. Сетки Коробова.

Методика проецирования и интерполирования.

Дискретизация по времени. Схема Эйлера. Схемы второго порядка. Схема непрерывного счета.

Учет потенциала взаимодействия молекул.

Тестирование реализации метода. Задача теплопроводности. Структура ударной волны.

5. Мощность дозы, единицы измерения.

Двухточечный проекционный метод.

Многоточечный проекционный метод.

Практическая часть.

6. Работа с закрытыми источниками излучений и радиоактивными веществами в открытом виде.

Расчет сечений столкновений двухатомных молекул с учетом вращательных степеней свободы.

Проекционный метод.

Практическая часть.

7. Виды взаимодействия ядерных излучений с веществом.

Взаимодействие тяжёлых заряженных частиц с веществом.

Взаимодействие электронов с веществом.

Взаимодействие гамма-квантов с веществом.

Нейтроны и их взаимодействие с веществом.

Использование эффектов взаимодействия ядерных излучений с веществом.

8. Сечение взаимодействия. Нейтроны.

Медленные и быстрые нейтроны. Закон " $1/v$ ".

Типы ядерных реакций под действием нейтронов.

Замедление нейтронов. Диффузия нейтронов. Альbedo нейтронов.

9. Фотоэлектрическое поглощение, комптоновское рассеяние.

Вероятность фотопоглощения в среде. Гамма-спектрометрия и идентификация изотопов.

Сечение комптоновского рассеяния на свободном электроне (формула Клейна — Нишины). Угловые зависимости энергий рассеянного фотона и электрона отдачи.

Сравнение энергетической зависимости сечений фотоэффекта и Комптоновского рассеяния для разных сред.

10. Эффект образования пар, фотоядерные реакции.

Порог и сечение рождения электрон-позитронных пар.

Сечение поглощения фотонов атомными ядрами. Ядерная резонансная флуоресценция, гигантский дипольный резонанс, мезонный порог. Метод «меченых» фотонов.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в физику сверхпроводимости

Цель дисциплины:

Цель курса — освоение студентами фундаментальных знаний в области классической сверхпроводимости однозонных металлов. Сюда входят как знакомство с классическими эффектами в сверхпроводящих материалах (эффект Мейснера — Оксенфельда, промежуточное и смешанное состояния, поглощение ультразвука и микроволнового излучения, скачок электронной теплоёмкости, эффект Джозефсона), классическими теориями (братьев Лондонов, Гинзбурга — Ландау и Абрикосова — Горькова, а также теорией Бардина — Купера — Шриффера и её расширением на случай сильного электрон-фононного взаимодействия), так и классами сверхпроводниковых материалов, историей их поиска и открытий, а также их практическим применением в науке и технике (СКВИДы, соленоиды, СВЧ-фильтры и т.д.) и методами их исследования. Помимо перечисленного, студенты кратко знакомятся с такими специфическими проблемами фундаментальной физики сверхпроводимости как Бозе — Эйнштейновская конденсация, двухщелевое сверхпроводящее состояние, высокотемпературная сверхпроводимость, туннельные эффекты в сверхпроводниках, возможности оптимизации параметров сверхпроводящих материалов.

Задачи дисциплины:

- ознакомление с основными параметрами и понятиями физики сверхпроводимости, типами сверхпроводящих материалов;
- ознакомление с основными теоретическими моделями, предложенными для описания различных свойств и эффектов в сверхпроводниках;
- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области физики сверхпроводимости, формирование базовых знаний и умений для исследований в рамках выпускных работ на степень бакалавра.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные положения физики сверхпроводников, структуру электронного энергетического спектра сверхпроводников, закономерности в поведении свойств сверхпроводников; основные формулы теории слабой связи БКШ, теории Лондонов и Гинзбурга — Ландау, а

также двухзонной модели Москаленко и Сула; основные типы симметрии сверхпроводящего параметра порядка, эффект Джозефсона.

уметь:

анализировать свойства сверхпроводников в рамках существующих теоретических представлений.

владеть:

методами расчета параметров сверхпроводниковых материалов по экспериментальным данным на основе моделей БКШ и Гинзбурга — Ландау.

Темы и разделы курса:

1. История открытия и развития сверхпроводимости

История открытия и развития сверхпроводимости. Основные понятия. Критическая температура. Критическое магнитное поле. Критический ток. Эффект Мейснера. Сверхпроводники I-го и II-го рода. Использование явления сверхпроводимости в науке и технике. Нахождение сверхпроводниковых материалов в природе. Перспективы.

2. Основные параметры сверхпроводника

Нулевое электрическое сопротивление на постоянном токе. Способ измерения. Сверхпроводящее кольцо в магнитном поле. Способы определения основных параметров сверхпроводников: критической температуры, критических полей у сверхпроводников I-го и II-го рода, критического тока.

3. Эффект Мейснера-Оксенфельда

Система дифференциальных уравнений для \mathbf{B} и \mathbf{H} . Размагничивающий фактор. Понятие эффективного поля. Магнитные моменты сверхпроводника. Промежуточное состояние в магнитном поле. Промежуточное состояние при разрушении сверхпроводимости током. Эффект Мейснера. Магнитные свойства идеального проводника и сверхпроводника.

4. Линейная электродинамика Лондонов. Нелинейная электродинамика Пиппарда

Линейная электродинамика Лондонов. Уравнения Лондонов. Пластина с током. Лондоновская глубина проникновения магнитного поля в сверхпроводник. Нелинейная электродинамика Пиппарда. Пиппардовская глубина проникновения.

5. Термоэлектрические явления в сверхпроводниках

Термоэлектрические явления в сверхпроводниках. Энтропия сверхпроводящего состояния. Электронная теплоемкость. Скачок теплоемкости. Теплопроводность сверхпроводников. Поглощение ультразвука в сверхпроводниках. Оптическое ИК-поглощение.

6. Основные понятия теории БКШ

Изотопический эффект. Электрон-фононное взаимодействие. Виртуальные фононы. Притяжение между электронами. Неустойчивость системы фермионов при слабом

притяжении между электронами. Куперовские пары. Длина когерентности. Энергия связи электронов в куперовской паре.

7. Теория БКШ

Исходная модель БКШ. Основное состояние сверхпроводника. Функция распределения для электронов при $T = 0$ К. Элементарные возбуждения вблизи основного состояния сверхпроводника. Закон дисперсии элементарных возбуждений. Плотность состояний элементарных возбуждений. Изменение плотности состояний нормальных электронов при переходе металла в сверхпроводящее состояние при $T = 0$ и $T \neq 0$. Энергетическая щель при $T = 0$ К. Энергия связи пар. Критическая температура сверхпроводника. Связь критической температуры с величиной длины когерентности. Зависимость энергетической щели от температуры. Значение критического тока. Сверхпроводники с сильной связью. Формула Макмиллана.

8. Уравнения Гинзбурга-Ландау

Однородный сверхпроводник в нулевом магнитном поле. Неоднородный сверхпроводник во внешнем поле. Уравнения Гинзбурга–Ландау. Градиентная инвариантность. Длина когерентности. Глубина проникновения магнитного поля в сверхпроводник. Эффект близости. Тонкие пленки. Критическое поле и критический ток тонких пленок. Эффект Мейснера в теории БКШ и Гинзбурга–Ландау. Взаимодействие вихрей. Зависимость параметра порядка и плотности сверхтока от его скорости.

9. Вихри Абрикосова. Смешанное состояние

Смешанное состояние. Энергия границы раздела между нормальной и сверхпроводящей фазами. Вихри Абрикосова. 1-е и 2-е критические поля. Их связь с критическим термодинамическим полем. Энергия вихря.

10. Эффект Джозефсона

Квантование магнитного потока. Канонический импульс электрона. Стационарный и нестационарный эффект Джозефсона. Физическая природа эффекта Джозефсона. Квантовые интерферометры. Квантовомеханическое туннелирование. Туннельная спектроскопия сверхпроводников. Вероятность туннелирования. Выражение для туннельного тока в нормальных металлах. $I(V)$ -характеристики туннельных контактов нормальный металл–сверхпроводник. Энергетическая щель в спектре сверхпроводников.

11. Основные модели высокотемпературной сверхпроводимости

Квазидвумерные и квазиодномерные системы. Нефононные механизмы сверхпроводимости. d -волновое спаривание. Высокотемпературная сверхпроводимость. Высокотемпературные сверхпроводники на основе оксидов меди и их основные характеристики.

12. ВТСП-купраты

Аномалии нормального состояния купратов. Температура сверхпроводящего перехода, длина когерентности и пространственная анизотропия. Природа электронного спаривания и симметрия сверхпроводящего параметра порядка в ВТСП купратах.

13. Двухщелевые сверхпроводники

Двухщелевая сверхпроводимость в MgB_2 и твердых растворах на его основе. $I(V)$ -характеристики туннельных джозефсоновских контактов на базе двухщелевого сверхпроводника. Пниктиды железа – класс высокотемпературных сверхпроводников на основе слоистых соединений железа. Кристаллическая структура. Поверхность Ферми. Роль нестинга вектора динамической спиновой восприимчивости на Γ — M направлении. Спаривание на спин-орбитальном взаимодействии.

14. Сопоставление свойств ВТСП

Сопоставление физических свойств ВТСП купратов, сверхпроводников на основе MgB_2 и железосодержащих сверхпроводников.

15. Применение сверхпроводников

Практическое применение сверхпроводниковых материалов в науке и технике. Перспективы.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в физику элементарных частиц

Цель дисциплины:

освоение современной экспериментальной и теоретической физики элементарных частиц.

Задачи дисциплины:

- овладение терминологией и методологией физики элементарных частиц;
- приобретение навыков анализа результатов физических экспериментов по физике частиц;
- изучение Стандартной модели и теорий за её рамками, проверяемых в существующих ускорительных и иных экспериментах

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основы построения теорий физики элементарных частиц.

уметь:

решать задачи, возникающие в физике элементарных частиц.

владеть:

навыками поиска значимой информации, навыками самостоятельной работы.

Темы и разделы курса:

1. Фундаментальные взаимодействия и элементарные частицы.

Парадигма элементарных частиц и их взаимодействий. Типы фундаментальных взаимодействий: гравитационное, электромагнитное, сильное, слабое. Классификация частиц: адроны и лептоны, фотон и промежуточные бозоны. Классификация адронов, барионы и мезоны. Три поколения лептонов и кварков. Стандартная модель. Квантовые числа, характеризующие элементарные частицы. Время жизни частицы и ширина. Аддитивные и мультипликативные квантовые числа. Спин, четность P , C и T .

2. Релятивистская кинематика.

Инварианты и законы сохранения. Кинематические ограничения в реакциях взаимодействия $2 \rightarrow 2$. Переменные Мандельштама. Эллипс рассеяния и эллипс рождения. Пороги для рождения частиц. "Подпороговое" рождение. Процессы взаимодействия частиц с ядрами в "кинематически запрещенных областях". Понятие "о кумулятивном числе". Кинематические ограничения в распадах частиц $1 \rightarrow 3$. График Далица.

3. Симметрии в физике частиц.

Теорема Нётер и сохраняющиеся величины. Теорема Вигнера и симметрии. Группа Пуанкаре и её представления, спин.

4. Сильное взаимодействие.

Составная структура адронов. Модель составных гиперонов Сакаты-Маркова-Окуня. Модель дробнозарядных кварков Гелл-Манна – Цвейга. Странность, гиперзаряд, формула Гелл-Манна - Нишиджимы. Обобщение формулы Гелл-Манна - Нишиджимы для квантовых чисел s , b и t . $SU(3)$ -инвариантность сильных взаимодействий. Странность и $SU(3)$ -мультиплеты элементарных частиц. Октет и декуплет барионов. Октеты псевдоскалярных и векторных мезонов. Кварковый состав октетов и декуплета барионов. Необходимость введения квантового числа – цвета. Изотопическая инвариантность сильных взаимодействий. Изотопический спин. Соотношения между амплитудами различных процессов. Соотношения между амплитудами распада изобары. Соотношения между амплитудами рассеяния нуклонов на нуклонах и пи-мезонов на нуклонах. Соотношения между амплитудами распада векторных мезонов на два псевдоскалярных мезона. G -четность. Связь G -четности с зарядовой C -четностью и изотопическим спином. Правила отбора по G -четности в распадах мезонов. "Восьмеричный путь". Формула Гелл-Манна-Окубо. Соотношения между массами адронов, следующие из унитарной симметрии.

5. Элементы теории рассеяния.

Сечение рассеяния и способы его определения. Квантовомеханическое рассеяние в приближении Борна. Формфакторы. S -матрица. Связь вероятности процесса с матричными элементами S -матрицы. Формула для ширины распада через матричный элемент S -матрицы и фазовый объем. Вывод выражения для эффективного сечения взаимодействия через матричный элемент S -матрицы и фазовый объем. Рекуррентные соотношения для многочастичного фазового объема. Унитарность S -матрицы. Оптическая теорема.

6. Матрица плотности в квантовой механике.

Статистический оператор. Поляризационные матрицы плотности для частиц со спином $1/2$ и 1 . Поляризация P и асимметрия A в реакциях рассеяния частиц. Вывод соотношения между P и A в реакции рассеяния частиц со спинами 0 и $1/2$.

7. Феноменологические подходы к описанию сильных взаимодействий

Глубоконеупругое рассеяние. Взаимодействие лептонов с нуклонами в партонной модели. Бьеркеновская переменная x и ее физический смысл. Структурные функции и сечения. Взаимодействие адронов при больших энергиях и переданных импульсах s и t . Правила кваркового счета. Дипольная формула для формфакторов нуклонов.

8. Квантовая электродинамика.

Описание процессов взаимодействия с помощью диаграмм Фейнмана. Эффективные теории поля. Уравнение Дирака. Биспиноры, матрицы Дирака и их свойства. Формулы для следа от произведения нескольких гамма-матриц. Правила Фейнмана для квантовой электродинамики в лестничном приближении. Фейнмановский пропагатор, калибровочная инвариантность. Комптоновское рассеяние в наинизшем порядке по константе связи, следствия калибровочной инвариантности для амплитуды. Формула Клейна-Нишины для сечения. Рассеяние $e-e$ в КЭД. Матричные элементы и сечение, следствия калибровочной инвариантности. Рассеяние света на свете. Эффективное действие Эйлера-Гейзенберга. Поиск аксионов и других экзотических частиц, взаимодействующих с электромагнетизмом. Электромагнитные процессы в ускорителях частиц: электромагнитная диссоциация.

9. Слабое взаимодействие.

Четырех-фермионное слабое взаимодействие. Бета-распад нейтрона и гиперонов. Спектр электронов. Зависимость вероятности распада от энергосвободения. Рассеяние нейтрино на лептонах. Обратный бета-распад, зависимость сечений от энергии и переданного импульса. Теория электрослабого взаимодействия Вайнберга-Салама. Слабый изоспин. 9 членов лагранжиана модели. Калибровочная инвариантность. Спонтанное нарушение симметрии. Возникновение масс калибровочных бозонов W и Z . Нейтральные токи. Константы связи нейтральных токов с лептонами и кварками как функции угла Вайнберга. Свойства W , Z -бозонов, распады $W \rightarrow l\nu$ и $Z \rightarrow \nu\nu$. Число сортов нейтрино из ширины распада Z -бозона в невидимые моды. Хиггсовский бозон и его свойства. Константы связи и ширина распада $H \rightarrow \mu\mu$.

10. За пределами Стандартной модели.

Бегущие константы связи фундаментальных взаимодействий α_1 , α_2 , α_3 . Основные идеи великого объединения (GUT). Квинтет кварков и лептонов в первом поколении. Лептокварки, распад нуклона. Понятие о суперсимметрии. Аксион КХД и аксионоподобные частицы.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в физику элементарных частиц

Цель дисциплины:

- ознакомление студентов с основными направлениями исследований в физике элементарных частиц.

Задачи дисциплины:

Студенты должны получить базовое представление о современной теории элементарных частиц – Стандартной модели, об этапах ее становления и о современном статусе теоретических и экспериментальных исследований. Курс включает знакомство с основными современными экспериментами, при этом особое внимание уделяется описанию участия в них групп из ИТЭФ, что призвано помочь студентам в выборе научных руководителей.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

содержание предмета курса «Введение в физику элементарных частиц», соответствующую терминологию и понятийный аппарат. Иметь представление об основных положениях Стандартной модели, знать основные экспериментальные результаты, которые привели к построению Стандартной модели, основные современные эксперименты и решаемые ими задачи.

уметь:

- интерпретировать экспериментальные результаты.

владеть:

- терминологией физики элементарных частиц;
- методикой анализа данных.

Темы и разделы курса:

1. Открытие лептонов.

Неделя 1. Обзор Стандартной модели, дискретные симметрии

Неделя 2. Открытие и свойства мюона.

Неделя 3. Открытие тау лептона, оценка времени жизни и лептонного брэнчинга. Измерение времени жизни, массы и лептонного брэнчинга.

2. Свойства адронов.

Неделя 4. Открытие J/ψ частицы, измерение ее ширины, конфайнмент, ГИМ механизм, схемы распада.

Неделя 5. Спектроскопия чармония, схемы уровней и разрешенные переходы, оценки ширин уровней, изотопическая инвариантность.

Неделя 6. Спектроскопия очарованных и прелестных частиц, обнаружение t-кварка.

Неделя 7. Обнаружение экзотических адронов и их свойства.

3. Слабые распады.

Неделя 8. Распады очарованных частиц. Различие времен жизни заряженных и нейтральных D-мезонов.

Неделя 9. Матрица Кабиббо-Кобаяши-Маскава, определение ее элементов из изучения распадов прелестных частиц.

Неделя 10. Нарушение CP-симметрии.

4. Физика нейтрино.

Неделя 11. Предсказание и обнаружение нейтрино, источники нейтрино, оценка сечения взаимодействия, обнаружение трех поколений нейтрино.

Неделя 12. Нейтринные осцилляции, поиски стерильных нейтрино.

5. Стандартная модель.

Неделя 13. Структура Стандартной Модели. Обнаружение W- и Z-бозонов.

Неделя 14. Обнаружение бозона Хиггса и его свойства.

Неделя 15. Поиски физики за рамками Стандартной модели.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в физическую и квантовую оптику

Цель дисциплины:

Курс лекций ставит своей задачей осветить важные вопросы оптических явлений, которые не входят в стандартные курсы оптики и электродинамики, но необходимы для понимания современных исследований в данной области. Изложение основ квантовой теории излучения призвано создать фундамент для дальнейшего понимания природы квантовомеханических эффектов и явлений, а также вызвать интерес студентов к будущей специальности.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся углубленных знаний по физической оптике;
- формирование общефизической культуры и понимания пределов применимости понятий в оптике, формирование кругозора в мире оптических явлений;
- формирование умений и навыков применять полученные знания для решения задач оптики, расчета сложных оптических систем;
- введение в квантовую теорию света, получение представления о проявлениях квантовых свойств излучения.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные определения физической и квантовой оптики;
- решение однородного и неоднородного уравнения в вакууме, основы теории излучения в ближней и дальней зонах;
- четко понимать смысл нулевого значения групповой скорости;
- основные виды рассеяния света и их взаимосвязь;
- основные положения теории дифракции, точные и приближённые решения дифракционных задач;
- основные понятия гауссовой оптики, виды гауссовых мод;
- квантовые эффекты в электродинамике;

- понятия осцилляций Раби и пи-импульсов.

уметь:

- применять уравнения классической электродинамики для решения задач распространения, излучения, поглощения и рассеяния света;
- решать дифракционные задачи и интерпретировать результаты;
- решать простейшие задачи гауссовой оптики;
- рассчитывать частотные моды резонаторов;
- описывать фоковские, когерентные и сжатые состояния света;
- рассчитывать распространение волновых пакетов в сложных средах, в т.ч. с отрицательными групповыми скоростями.

владеть:

- аппаратом матричной оптики;
- математическим аппаратом теории Ми;
- представлением о задачах рассеяния и дифракции, решаемых точно, а также об основных приближённых методах решения задач физической оптики;
- основами квантования электромагнитного излучения.

Темы и разделы курса:

1. Излучение электромагнитных волн

- Шкала электромагнитных волн.
- Векторный и скалярный потенциалы электромагнитного поля. Поперечная (кулоновская) и лоренцевская калибровки. Неоднородное волновое уравнение.
- Решение однородного волнового уравнения: плоская волна, её поперечность.
- Решение неоднородного волнового уравнения в вакууме. Запаздывающие потенциалы.
- Поле точечного движущегося заряда (потенциалы Лиенара-Вихерта).
- Спектральное разложение запаздывающих потенциалов.
- Излучение диполя на ближних расстояниях.
- Разложение поля по мультиполям. Представление через сферические функции.
- Магнитное дипольное и электрическое квадрупольное излучение.

2. Элементарная теория дисперсии

- Приближённый вывод формулы Лорентц-Лоренца. Теорема погашения Эвальда-Озеена и точный вывод формулы Лорентц-Лоренца.
- Вывод дисперсионной формулы классической электродинамики на примере осциллятора во внешнем поле. Нормальная и аномальная дисперсия. Комплексный показатель преломления и коэффициент затухания. Диэлектрическая проницаемость металлов и плазмы.
- Уравнения переменного поля в металлах. Глубина скин-слоя в оптическом диапазоне длин волн. Идеальный проводник.

3. Основы теории рассеяния света

- Рассеяние и поглощение электромагнитных волн на макроскопических частицах (сечения рассеяния и поглощения на шарики малого радиуса, $a \ll \lambda$).
- Рассеяние света на флуктуациях плотности среды. Теория Эйнштейна. Рассеяние Мандельштама-Бриллюэна.
- Коэффициенты рассеяния и экстинкции света. Оптическая теорема.
- Основы точной теории рассеяния света на шаре (теория Ми).
- Моды шепчущей галереи.

4. Распространение света и теория дифракции

- Принцип Гюйгенса-Френеля. Интеграл Кирхгофа. Принцип Бабинэ.
- Точное решение задачи дифракции на краю идеально проводящего клина. Дифракция на плоских идеально проводящих экранах.
- Электромагнитный принцип Бабине (теорема Мандельштама-Леонтовича).
- Параболическое уравнение. Приближение квазиоптики. Дифракция и фокусировка гауссова пучка. Продольные моды резонатора со сферическими зеркалами и условие устойчивости резонатора. Астигматичный гауссов пучок. Основы матричной оптики. Поля E и H в гауссовом пучке.
- Эрмит-Гауссов пучок. Высшие поперечные моды резонатора. Вырожденные моды.
- Лагерр-Гауссов пучок. Конфокальный резонатор. Форма и параметры Лагерр-Гауссова пучка.

5. Электромагнитные волны в резонаторах и волноводах

- Стоячие электромагнитные волны в резонаторах. Собственные частоты колебаний в резонаторах (на примере прямоугольного резонатора).

- Распространение ТМ и ТЕ волн в волноводах. Критический радиус волновода. Нижняя граница частот для распространения волн в волноводах (эффект отсечки). Главная волна. Волноводы прямоугольного и круглого сечения.

6. Фазовая и групповая скорость света

- Преобразование светового импульса при прохождении среды. Интеграл Дюамеля. Групповая скорость в средах с дисперсией первого порядка.
- Дисперсия групповых скоростей. Спектрон. Эффекты остановки и хранения света. Отрицательная групповая скорость.

7. Квантование электромагнитного поля

- Гамильтониан и энергия свободного электромагнитного поля. Разложение поля по плоским волнам.
- Канонические уравнения движения. Операторы рождения и уничтожения фотонов.
- Фотоны. Статистика Бозе-Эйнштейна. Классические и квантовые свойства света.
- Спин и чётность фотонов. Типы фотонов. Спиральность.

8. Фоковские, когерентные и сжатые состояния света

- Способы описания и основные свойства.
- Генерация сжатого света.
- Пуассоновская и субпуассоновская статистики.

9. Квантово-электродинамические эффекты

- Спонтанное и вынужденное излучение. Эффект Парселла.
- Вакуумные флуктуации. Лэмбовский сдвиг. Эффект Казимира.
- Эффект Комптона.
- Эффект Дикке. Сверхизлучение Дикке.

10. Взаимодействие атома с полем

- Двухуровневый атом во внешнем поле. Уравнения Блоха. Осцилляции Раби.
- Отклик атома на воздействие лазерного импульса (π и 2π импульсы).
- Фотонное эхо.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в фотонику и двумерные материалы

Цель дисциплины:

Формирование у студентов фундаментальных представлений о современных направлениях исследований в фотонике, нано- и оптоэлектронике, а также смежных областях знаний в науках о двумерных материалах.

Задачи дисциплины:

Ознакомление студентов с актуальными темами научных исследований и разбор ключевых публикаций в лекциях ведущих приглашенных ученых в предметной области курса.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Основные направления современных исследований в фотонике, нано- и оптоэлектронике, а также смежных областях знаний о двумерных материалах.

уметь:

Характеризовать актуальность тематики исследований в предметной области курса.

владеть:

Навыками самостоятельного прочтения и анализа публикаций в предметной области курса.

Темы и разделы курса:

1. Введение. Актуальные направления современной нано- и оптоэлектроники.

Обзорная вступительная лекция. Краткое изложение содержания курса. Решение организационных вопросов.

2. Двумерные материалы для терагерцовых технологий.

Актуальные научные исследования по применению терагерцовых свойств двумерных материалов. Высокочувствительный детектор терагерцового излучения на основе туннельного эффекта в графене.

3. Современные лазерные технологии.

Лазеры. Применение. Что такое лазер. Современные тенденции развития. Особенности. Оптический пинцет. Методы генерации коротких и сверхкоротких лазерных импульсов. Разработка принципиальных основ создания мощных лазеров. Исследование взаимодействия лазерного излучения с различными веществами, включая живые ткани.

4. Основы квантового описания физических процессов.

Квантовая плоскость. Квантовые взаимодействия. Квантовые переходы. Квантовая физика. Квантовая частица.

5. Спектроскопия одномерных наноматериалов.

Основы молекулярной спектроскопии. Управление намагниченностью с помощью света — один из перспективных подходов в спектроскопии сверхкоротких импульсов света.

6. Наноматериалы для биоприменений.

Лазерная абляция и фрагментация. Наноматериалы в биомедицинских применениях. Наночастицы для фототермических биоприменений. Наночастицы для SERS применений. Органические флуоресцентные наночастицы.

7. Компьютерный дизайн новых материалов.

Традиционные решения задачи поиска новых материалов. Работа компьютерного дизайна новых материалов. Материалы тверже алмаза. Компьютерный дизайн новых материалов позволяет безошибочно находить новые материалы.

8. Оптика поляритонных наноструктур.

Исследование взаимодействия света с веществом. В моду резонатора с колебаниями электромагнитного поля из-за граничных условий помещают частицу, излучающую и поглощающую свет. Исследование поведения частицы на различные внешние факторы.

9. Двумерные материалы и Ван-дер-Ваальсовские гетероструктуры.

Перспективы создания и использования 2D материалов. Техника, которая используется для создания новых кристаллов (гетероструктур ван-дер-Ваальса) путем укладки ультратонких слоистых 2D материалов с точным контролем над положением и относительной ориентацией.

10. Наноразмерная квантовая оптоэлектроника.

Видимые и невидимые лучи, светящиеся кристаллы, красный луч, позволяющий разговаривать тысячей человек, как составляют карты и следят за спутниками, другие возможности, открываемые этой молодой и удивительной техникой — оптоэлектроникой.

11. Комбинационное рассеяние света.

Плазмонные наноструктуры на основе двумерных материалов – исследование, свойства, особенности.

12. Зачет.

Опрос студентов, выставление дифференцированного зачета.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение в ядерную физику

Цель дисциплины:

Целью дисциплины «Введение в ядерную физику» является формирование базовых знаний по ядерной физике и приобретение навыков научной деятельности для дальнейшего использования, как в процессе изучения физики, так и в проведении самостоятельных исследований.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся базовых знаний по ядерной физике;
- формирование базовых знаний в области физической кинетики, достаточных для понимания применения ядернофизических методов в исследованиях конденсированных сред;
- освоение основных принципов, положенных в основу работы бета-ЯМР спектрометров, гамма-резонансной спектроскопии и метода возмущенных угловых корреляций ядерного излучения;
- формирование общенаучной культуры: умения логически мыслить, проводить доказательства основных утверждений, устанавливать логические связи между явлениями и понятиями из различных областей науки;
- формирование умений и навыков применять полученные знания для решения новых научных задач и самостоятельного анализа полученных результатов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

содержание предмета курса «Введение в ядерную физику», соответствующую терминологию и понятийный аппарат, основные экспериментальные и теоретические достижения и проблемы.

уметь:

делать необходимые оценки для простых экспериментальных задач из материала курса и планировать соответствующие эксперименты; абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций.

владеть:

навыками применения матрицы плотности в описании поляризационных и кинетических явлений, навыками установления связей между фундаментальными физическими симметриями и угловым распределением ядерных излучений, пониманием областей применимости основных ядерных моделей к описанию реальных процессов.

Темы и разделы курса:

1. Введение. Корреляции излучения и фундаментальные симметрии. Общие сведения о ядерно-физических методах исследования конденсированных сред

Несохранение пространственной четности в бета- и гамма-распадах и в делении ядер. Бета-ЯМР спектроскопия, эффект Мессбауэра, возмущенные угловые корреляции фотонов. Блок-схемы установок.

2. Бета-ЯМР спектрометр

Несохранение четности в бета-распаде. Радиационный захват нейтрона. Физические основы работы поляризатора нейтронов и спин-флиппера. Транспортировка поляризованных нейтронов, адиабатическая теорема.

3. Сверхтонкие взаимодействия

Теорема Вигнера-Экарта и сферические тензоры. Магнитные сверхтонкие взаимодействия. Электрическое квадрупольное взаимодействие. Химические сдвиги в ЯМР и в эффекте Мессбауэра.

4. Элементы физической кинетики

Квантовая механика и матрица плотности. Квантовое и классическое уравнения Лиувилля. Проекционная техника Накаджима-Цванцига. Матрица частот и ядро памяти. Марковский предел для кинетических уравнений.

5. Обращение эволюции спиновых систем

Обращение эволюции спиновых систем. Эхо Хана. Эхо Уо.

6. Элементы ядерной спиновой динамики

Теория формы линии ЯМР Андерсона-Вейсса-Кубо. Границы применимости кинетических уравнений. Усреднение быстро осциллирующих взаимодействий. Синтез квантово-механической и квантостатистической теорий возмущений. Резонанс на комбинационных частотах. Понятие о динамической поляризации ядер.

7. Нейтронная физика

Классификация нейтронов, методы монохроматизации. Низкоэнергетическое рассеяние и псевдо-потенциал Ферми. Когерентное и некогерентное рассеяние. Ультрахолодные нейтроны, твердотельные ловушки, магнитные ловушки. Нейтронные волны в кристаллах.

Уравнения теории многократного рассеяния. Столик Дарвина. Границы для экспоненциального закона выбывания частиц из пучка.

8. Гамма-излучение и эффект Мессбауэра

Квантование свободного электромагнитного поля. Ядра как двухуровневые системы. Взаимодействие поля с ядрами. Матричные элементы ядерных гамма-переходов и единицы Вайскопфа. Интеграл движения в приближении вращающейся волны. Уравнение Шредингера. Исключение динамики поля. Решение для ядерных амплитуд в пренебрежении перерассеянием фотонов. Границы для экспоненциального закона распада. Фактор Дебая-Валлера.

9. Основные ядерные модели

Дейтон. Ферми-газовая модель ядра. Зарядовая асимметрия ядер в этой модели. Осцилляции в капельной модели. Вращения ядер и сверхтекучая модель ядра.

10. Взаимодействие нуклонов и микроскопические модели

Оболочечная и обобщенная модели атомных ядер.

11. Ядерные реакции

Модель составного ядра Бора. Оценки ширин нейтронных резонансов. Испарение частиц. Формулы Брейта-Вигнера. Прямые реакции. Кулоновское возбуждение.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Введение во флуоресцентную микроскопию

Цель дисциплины:

- Познакомить студентов с группой методов флуоресцентной микроскопии

Задачи дисциплины:

- раскрыть базовые принципы наиболее значимых методов флуоресцентной микроскопии и сформировать понимание физических явлений, лежащих в их основе
- осветить актуальные применения методов флуоресцентной микроскопии в биофизике
- развить у студентов умение читать и анализировать научные статьи
- познакомить студентов с практикой использования флуоресцентной микроскопии.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- физические основы явления флуоресценции
- основные методы флуоресцентного мечения биологических образцов
- принципы, лежащие в основе современных методов флуоресцентной микроскопии
- характерные биологические задачи, для решения которых применяют флуоресцентную микроскопию

уметь:

- анализировать литературные данные и применять полученную информацию для объяснения полученных собственных данных;
- ставить задачи исследования и находить пути их решения.

владеть:

- методиками планирования и разработки схемы медико-биологических экспериментов;
- основными методами лабораторно-биохимической и инструментальной диагностики.

Темы и разделы курса:

1. Место флуоресцентной микроскопии в биоимаджинге. Физические основы явления флуоресценции

Понятия разрешения и контраста. Масштабы биологических объектов. Преимущества световой микроскопии перед методами биоимаджинга с более высоким номинальным разрешением. Диаграмма Яблонского. Спектры флуоресценции и стоксовский сдвиг. Явления фосфоресценции, тушения флуоресценции и фотообесцвечивания. Время жизни флуоресценции.

2. Устройство флуоресцентного микроскопа. Конфокальная и широкопольная микроскопия

Принципиальная схема флуоресцентного микроскопа. Конфокальный микроскоп. Спиннинг-диск микроскопия. Широкопольная микроскопия. Источники излучения и типы детекторов.

3. Виды флуорофоров и методы флуоресцентного мечения биологических молекул и внутриклеточных структур

Органические флуорофоры. Влияние размера сопряженной группы на спектральные параметры флуорофора. Флуоресцентные белки. Фотоактивируемые флуоресцентные белки. Флуоресцентные наночастицы. Методы флуоресцентного мечения белков. Окрашивание органелл. Источники автофлуоресценции.

4. Флуоресцентные сенсоры

Чувствительность флуорофоров к окружению. Сенсоры с аккумуляцией красителя, с изменяющейся интенсивностью флуоресценции, спектрами и временем жизни флуоресценции. Измерения мембранного потенциала. Сенсоры на основе пермутированных флуоресцентных белков.

5. Фёрсеровский резонансный перенос энергии (FRET)

Явление FRET, зависимость эффективности FRET от фотофизических свойств флуорофоров, их взаимной ориентации и расстояния между ними. Методы наблюдения FRET в микроскопии. Применения FRET в биофизических исследованиях.

6. Методы флуоресцентного 3D имаджинга биологических образцов

Оптическое просветление биологических образцов. Двухфотонная флуоресцентная микроскопия. Микроскопия светового листа.

7. Методы флуоресцентной микроскопии сверхвысокого разрешения

Разрешение флуоресцентного микроскопа, понятие функции рассеяния точки (PSF). Деконволюция. Методы pixel reassignment, STED, GSD, RESOLFT, SIM, SSIM, TIRF, PALM, STORM, PAINT. Методы локализации одиночных молекул со сверхвысоким разрешением в 3D. MINFLUX и MINSTED. Экспансионная микроскопия.

8. Методы флуоресцентной микроскопии одиночных молекул

Трекинг одиночных молекул. Нормальная и аномальная диффузия, анализ среднеквадратичных смещений. Модели диффузии для молекулы с несколькими конформационными состояниями. Двухцветный ко-трекинг одиночных молекул.

9. Методы корреляционной спектроскопии в флуоресцентной микроскопии

Функция автокорреляции. Флуоресцентная корреляционная спектроскопия FCS. Двухцветная кросс-корреляционная спектроскопия FCCS. Методы RICS, ICS, STICS. SOFI.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Волновые явления в плазме

Цель дисциплины:

Целью дисциплины «Волновые явления в плазме» является формирование базовых знаний в области волновых и колебательных процессов в плазме.

Задачи дисциплины:

- информирование студентов о состоянии и последних достижениях в данной области науки, ее вкладе в современную физику плазмы;
- формирование общенаучной культуры: умение логически мыслить;
- применять полученные знания для решения задач волновой динамики, диагностики и др.;
- формирование умений и навыков самостоятельного анализа.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные отличия и параметры колебаний и волн;
- классификацию плазменных волн;
- законы плазменной и волновой динамики;
- экспериментальные методы в физике плазменных волн;
- отличия линейных и нелинейных процессов;
- методы анализа линейных и нелинейных волн;
- основные экспериментальные данные по волнам в плазме.

уметь:

- решать задачи волновой динамики методом линеаризации;
- преобразовывать гидродинамические уравнения, анализировать основные параметры волнового процесса;
- представлять современное состояние и последние достижения в данной области науки.

владеть:

- методами анализа гидродинамических уравнений;
- базовыми методами анализа волновых уравнений.

Темы и разделы курса:**1. Краткие сведения из физики плазменных колебаний и волн**

1.1. Актуальность проблемы исследования плазмы и плазменных неустойчивостей и волн.

1.2. История развития физики плазменных волн.

1.3. Основные параметры и свойства плазмы.

2. Колебания и волны – основные отличия

2.1. Основные свойства колебательного процесса.

2.2. Уравнение колебаний.

2.3. Методы анализа колебательного процесса.

2.4. Метод линеаризации.

2.5. Учет затухания, инкремент, декремент затуханий.

2.6. Ленгмюровские колебания, плазменная частота.

2.7. Основные свойства волнового процесса.

2.8. Подобие и отличие колебательного и волнового процессов.

2.9. Частота и волновое число.

3. Классификация плазменных волн, экспериментальные наблюдения

3.1. Классификация волн по различным признакам.

3.2. Дисперсионные характеристики.

3.3. Экспериментальное наблюдение плазменных волн.

3.4. Обзор основных экспериментальных методов исследования плазменных волн.

3.5. Ионно-, пыле-акустические волны.

3.6. Приложение физики плазменных волн.

3.7. Диагностика плазмы.

4. Методы теоретического анализа плазменных волн

- 4.1. Кинетическое описание плазмы.
- 4.2. Уравнение Власова.
- 4.3. Гидрадинамическое описание плазмы.
- 4.4. Одномерные и многомерные волновые процессы.
- 4.5. Эволюция волнового процесса.

5. Линейные ионно-звуковые волн. Метод линеаризации

- 5.1. Ионно-звуковая волна.
- 5.2. Основные условия существования ионно-звуковых волн.
- 5.3. Вывод дисперсионного уравнения из системы гидродинамических уравнений.
- 5.4. Основные свойства ионно-звуковых волн.
- 5.5. Затухание Ландау.
- 5.6. Возбуждение ионно-звуковых волн.

6. Нелинейные ионно-звуковые волны. КДВ уравнение

- 6.1. Нелинейные волны и солитоны.
- 6.2. Получение КДВ уравнения из системы гидродинамических уравнений.
- 6.3. Свойства КДВ уравнения, временная задача.
- 6.4. Методы решения КДВ уравнения.
- 6.5. Границы применимости КДВ уравнения.

7. Нелинейные ионно-звуковые волны. Метод псевдопотенциала Сагдеева

- 7.1. Стационарные ионно-звуковые волны и солитоны.
- 7.2. Преобразование гидродинамических уравнений к стационарному уравнению Пуассона.
- 7.3. Получение псевдопотенциала Сагдеева
- 7.4. Метод малых амплитуд.
- 7.5. Численное решение уравнения Пуассона.

8. Основные свойства нелинейных волн и солитонов

8.1. Профили электрического поля и потенциала для нелинейных ионно-звуковых волн и солитонов.

8.2. Профили концентрации и скорости заряженных частиц.

8.3. Влияние солитонов на фоновую плазму.

8.4. Перенос вещества как фундаментальное свойство солитонов.

8.5. Солитонные токи.

9. Ударные волны, уравнение КДВ-Бюргерса

9.1. Определение понятия ударная волна.

9.2. Гидродинамическое описание ударных волн в плазме.

9.3. Уравнение КДВ Бюргерса.

9.4. Профили и другие свойства ударных волн.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Вычислительная математика

Цель дисциплины:

Сформировать у студентов систематическое представление о:

- методах приближенного решения наиболее распространенных базовых типов математических задач;
- источниках погрешностей и методах их оценки;
- методах решения актуальных прикладных задач.

Задачи дисциплины:

- Освоение материала, охватывающего основные задачи и методы вычислительной математики;
- формирование целостного представления о численных методах решения современных научных прикладных задач.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Область применения, теоретические основы, основные принципы, особенности и современные тенденции развития методов вычислительной математики.

уметь:

Применять методы численного анализа для приближенного решения задач в области своей научно-исследовательской работы.

владеть:

Программными средствами разработки вычислительных алгоритмов и программ, способами их отладки, тестирования и практической проверки соответствия реализованного алгоритма теоретическим оценкам.

Темы и разделы курса:

1. Корректная постановка краевых условий для системы уравнений с частными производными гиперболического типа.

Численное решение краевых задач для ОДУ. Методы решения линейных краевых задач (метод численного построения общего решения, конечно-разностный метод для линейного уравнения второго порядка, метод прогонки). Методы решения нелинейных краевых задач (метод стрельбы, метод квазилинеаризации). *Вариационно-разностные и проекционные методы построения приближенного решения. *Метод конечных элементов. Задача на собственные значения (Штурма-Лиувилля). *Метод дополненного вектора. *Понятие жесткой краевой задачи. *Методы решения жесткой линейной краевой задачи.

2. Численное решение краевых задач для ОДУ.

Разностные методы решения задач, описываемых дифференциальными уравнениями в частных производных. Методы построения аппроксимирующих разностных уравнений для уравнений в частных производных. Аппроксимация, устойчивость, сходимость. Приемы исследования разностных задач на устойчивость. Принцип максимума, спектральный признак устойчивости, принцип замороженных коэффициентов. *Канонический вид двухслойных схем. *Элементы теории Самарского об исследовании устойчивости двухслойных схем на основе энергетических неравенств.

3. Предмет вычислительной математики.

Специфика машинных вычислений. Элементарная теория погрешностей.

4. Приближение функций, заданных на дискретном множестве

Задача алгебраической интерполяции. Существование и единственность алгебраического интерполяционного полинома. Интерполяционный полином в форме Лагранжа и в форме Ньютона. Остаточный член интерполяции. Интерполяция по чебышёвским узлам. Оценка погрешности интерполяции для функций, заданных с ошибками. Кусочно-многочленная интерполяция. Интерполяция сплайнами. *Локальные сплайны. *Сплайны с финитным носителем (B-сплайны).

5. Разностные методы решения задач, описываемых дифференциальными уравнениями в частных производных.

Методы построения аппроксимирующих разностных уравнений для уравнений в частных производных. Аппроксимация, устойчивость, сходимость. Приемы исследования разностных задач на устойчивость. Принцип максимума, спектральный признак устойчивости, принцип замороженных коэффициентов. *Канонический вид двухслойных схем.

6. Решение систем линейных алгебраических уравнений

Нормы в конечномерных пространствах. Обусловленность системы линейных алгебраических уравнений.

Прямые методы решения: метод Гаусса, метод Гаусса с выбором главного элемента, метод прогонки для систем специального вида.

Итерационные методы решения линейных систем. Метод простых итераций.

Необходимое, достаточное условия сходимости метода простых итераций. Метод Зейделя.

*Каноническая форма записи двухслойного итерационного метода.

*Методы решения, основанные на минимизации функционалов.

*Метод сопряженных градиентов.

*Проблема поиска собственных значений матрицы. *Степенной метод для вычисления максимального собственного числа.

*Метод вращений для поиска собственных значений самосопряженной матрицы. *Метод обратной итерации.

Переопределенные системы линейных алгебраических уравнений.

7. Численные методы решения уравнений в частных производных гиперболического типа на примере уравнения переноса и волнового уравнения.

Численные методы решения уравнений в частных производных гиперболического типа на примере уравнения переноса и волнового уравнения. *Теорема Годунова о связи порядка аппроксимации и монотонности для линейных разностных схем.

8. Численное дифференцирование

Простейшие формулы численного дифференцирования. Оценка погрешности.

9. Численное интегрирование

Квадратурные формулы Ньютона–Котеса (прямоугольников, трапеций, Симпсона) и оценка их погрешности. Квадратурные формулы Гаусса. *Методы вычисления несобственных интегралов.

10. Корректная постановка краевых условий для системы уравнений с частными производными гиперболического типа.

Корректная постановка краевых условий для системы уравнений с частными производными гиперболического типа. Характеристики, инварианты Римана. Разностные схемы для характеристической формы записи системы. *Нелинейное уравнение Хопфа. *Понятие о сильных и слабых разрывах, скорость движения сильного разрыва.

11. Численные методы решения линейных уравнений в частных производных параболического типа.

Численные методы решения линейных уравнений в частных производных параболического типа. *Квазилинейное уравнение теплопроводности и его автомодельное решение.

Разностные схемы для решения многомерных уравнений теплопроводности. Понятие о методах расщепления. Метод переменных направлений.

12. Понятие жесткой задачи Коши для систем обыкновенных дифференциальных уравнений и методы их приближенного решения.

*Понятие жесткой задачи Коши для систем обыкновенных дифференциальных уравнений (ЖС ОДУ). *Методы численного решения жестких систем ОДУ: одношаговые (явные методы Рунге-Кутты, методы Розенброка) и многошаговые (формулы дифференцирования назад). *Методы Гира в представлении Нордсика. *Исследование схем на А-устойчивость, Lp-устойчивость и монотонность.

13. Численные методы решения уравнений в частных производных эллиптического типа.

Численные методы решения уравнений в частных производных эллиптического типа. Разностная схема “крест” для численного решения уравнений Лапласа, Пуассона. Итерационные методы для численного решения возникающих систем линейных уравнений. Принцип установления для решения стационарных задач. *Оценка количества итераций, необходимых для достижения заданной точности при использовании различных методов.

14. Введение в методы решения уравнений газовой динамики.

Особенности уравнений. Принципы построения разностных схем. Применимость в других прикладных задачах.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

**Вычислительная статистическая механика конденсированного состояния:
практикум**

Цель дисциплины:

Целью дисциплины является ознакомление с вычислительными методами статистической механики плотных систем с реалистичными моделями взаимодействия.

Задачи дисциплины:

- ознакомление студентов с подходом атомистического моделирования в вычислительной статистической физике;
- анализ методов атомистического моделирования как численных методов;
- обоснование методов компьютерной физики с точки зрения статистической механики конденсированной фазы;
- оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных исследований в области молекулярного моделирования;
- освоение студентами знаний для дальнейшего изучения методов и подходов квантового атомистического моделирования.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- микроскопические основы свойств жидкой и аморфной фазы;
- обоснование методов атомистического моделирования с точки зрения статистической физики;
- современные проблемы физики аморфного состояния.

уметь:

применять методы вычислительной статистической физики для исследования свойств конденсированных фаз и фазовых переходов.

владеть:

- навыками поиска информации в научной литературе;
- культурой постановки и моделирования физических задач.

Темы и разделы курса:

1. Атомистическое моделирование. Методы классической молекулярной динамики и термодинамического Монте-Карло как численные методы.

Обзор методов атомистического моделирования: области применения, история появления. Метод Монте-Карло для задач статистической физики. Метод молекулярной динамики с точки зрения аналитической механики. Потенциалы взаимодействия.

2. Реализация статистических ансамблей в методах Монте-Карло и молекулярной динамики.

Статистические суммы. Монте-Карло в каноническом, изобарно-изотермическом ансамблях. Термостатирование в методе молекулярной динамики.

3. Алгоритмы расчета свободной энергии и параметров фазового равновесия в молекулярном моделировании.

Методы Монте-Карло с переменным числом частиц - большой канонический ансамбль, ансамбль Гиббса. Термодинамическое интегрирование.

4. Поверхностные и транспортные свойства.

Алгоритмы выделения поверхности в атомистическом моделировании. Расчет избыточной свободной энергии поверхности. Расчет коэффициентов переноса в равновесной и неравновесной молекулярной динамике.

5. Оптимизационные задачи и методы в молекулярной механике.

Понятие о поверхности потенциальной энергии и поверхности свободной энергии. Алгоритмы минимизации энергии и поиска седловых точек. Алгоритмы расчета дальнедействующих сил: метод Эвальда, метод частица-сетка, метод экранирующего потенциала.

6. Квантовые методы молекулярного моделирования.

Основные понятия теории функционала электронной плотности. Теоремы Хоэнберга-Кона.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Вычислительная физика

Цель дисциплины:

Формирование знаний о постановке и решении вычислительных задач, формирование представлений о современных методах вычислительной физики, а также развитие навыков, необходимых для реализации полученных знаний.

Задачи дисциплины:

Формирование знаний и умений, необходимых для решения широкого круга задач вычислительной физики.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Методы решения дифференциальных уравнений;
- Дискретное вейвлет-преобразование, дискретное Фурье-преобразование;
- Методы численного интегрирования, метод Монте-Карло;
- Методы вычислительной линейной алгебры.

уметь:

- Производить быстрое Фурье-преобразование и вейвлет-преобразование;
- Выбирать подходящий для решения задачи базис;
- Производить матричные вычисления.

владеть:

- Методами численного решения уравнений и других вычислительных задач.

Темы и разделы курса:

1. Выработка полезных навыков.

Постановка вычислительной задачи. Как правильно организовать решение задачи. Структурирование и написание программы, предоставление её в читаемом виде. Анализ алгоритмов, оптимизация. SVG. Особенности языка C++.

2. Алгоритмы на графах.

Поиск по графу. Анализ структуры графа: выделение его связных частей, вычисление путей между вершинами. Задача построения минимального связного графа с заданными вершинами.

3. Геометрические алгоритмы.

Кривые, заданные на дискретном наборе точек, их аппроксимация. Проблема разделения двух множеств точек на плоскости. Триангулированные поверхности. Grid generation.

4. Вейвлеты.

Ортогональные вейвлеты с компактным носителем, их построение. Кратномасштабный анализ. Дискретное вейвлет-преобразование. Представление операторов в вейвлет-базисе. Поведение вейвлет-коэффициентов. Сжатие данных с помощью вейвлетов.

5. Быстрое преобразование Фурье.

Умножение фурье-образов. Решение дифференциальных уравнений в ЧП с помощью быстрого преобразования Фурье.

6. Вычислительная линейная алгебра.

Решение систем линейных уравнений. QR-разложение. Вычисление собственных значений. Сравнение линейных подпространств. SVD.

7. Численное интегрирование.

Простые методы численного интегрирования. Метод Монте-Карло. Скорость сходимости в многомерном случае. Метод Коробова.

8. Дифференциальные уравнения.

Граничные условия. Постановка задачи в неограниченной области. Полиномы Чебышёва. Выбор подходящего базиса функций. Представление операторов в различных базисах, приведение их к удобному виду. Сильно нелинейная задача с периодическим потенциалом.

9. Метод Монте-Карло.

Когда стоит применять метод Монте-Карло? Примеры. Генерация случайного события, соответствующего особенностям моделируемого процесса.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Вычислительные и информационные технологии кинетической теории

Цель дисциплины:

- знакомство с основами технологий объектно-ориентированного программирования физических приложений.
- знакомство с основами функционирования операционных сред.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области объектно-ориентированного программирования физических приложений;
- обучение студентов основным методам и подходам, используемым в технологиях объектно-ориентированного программирования;
- формирование подходов, основанных на объектно-ориентированном программировании.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- принципы и методы кинетической теории Больцмана, получения когерентного излучения, физические явления, лежащие в основе методов переноса газов излучений в сложных средах и композициях.

уметь:

- численно решать кинетическое уравнение.

владеть:

- методами компьютерного моделирования газокинетических процессов, методами разработки проблемно-моделирующих сред на современных суперкомпьютерных системах.

Темы и разделы курса:

1. Основы объектно-ориентированного программирования.

Объектно-ориентированная модель системы. Объекты и классы. Спецификаторы доступа к членам класса.

Объявление и реализация класса. Доступ к членам класса. Конструкторы и деструкторы. Указатель `this`. Статические и константные методы класса.

Перегрузка операций. Перегрузка унарных операций. Ключевое слово `operator`. Значения, возвращаемые операцией.

Перегрузка бинарных операций.

Преобразование типов.

Наследование. Базовый и производный классы. Доступ к базовому классу.

Конструкторы производного класса. Перегрузка операций. Операция разрешения и перегрузка функций.

Иерархия классов. Абстрактный базовый класс. Конструкторы и функции.

Множественное наследование.

Виртуальные функции.

Полиморфизм.

Шаблоны и исключения.

2. Основы Qt 4.

Обзор классов библиотеки Qt. Простейшее приложение Qt4 в системе Eclipse. Консольное приложение Qt4. Создание новых классов.

Элемент `Label` на форме. Надписи с рисунками. Несколько элементов на одной форме. Диалог с текстовым сообщением.

Обработка событий. Сигналы и слоты. События. Обработка событий с помощью виртуальных методов.

Кнопки и диалоги. Модальные диалоги. Окна внутри диалога.

Меню, панели инструментов и строка состояния.

Размещение элементов на форме: 'ручное', менеджеры размещения.

Графика .

Приложения SDI и MDI.

Работа с данными. Числа, строки, массивы, списки. Контейнеры и итераторы.

Таблицы и деревья.

Средства XML.

Процессы, потоки, синхронизация.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Вычислительные методы в моделировании

Цель дисциплины:

- изучение основ работы с операционной системой UNIX, программирования и решения на компьютерах различных задач вычислительной физики, а также применение полученных знаний и навыков на практике.

Задачи дисциплины:

- изучение основ операционной системы UNIX;
- формирование представлений о языках программирования, изучение особенностей языка программирования C;
- редактирование, компиляция и линковка программ в операционной системе UNIX;
- разработка алгоритма, написание программы, отладка и запуск программ для различных задач теоретической физики;
- изучение основ параллельного программирования.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основы устройства современной компьютерной техники и принципы работы современных операционных систем;
- основные принципы работы и основные команды операционной системы UNIX;
- классификацию языков программирования, требования к языкам программирования для их использования при моделировании задач теоретической физики;
- принципы структурного программирования;
- основы процесса компиляции и линковки программ;
- классификацию многопроцессорных вычислительных комплексов;
- основные принципы создания параллельных программ для многопроцессорных вычислительных комплексов с распределенной памятью;
- основные принципы создания параллельных программ для многопроцессорных вычислительных комплексов с общей памятью.

уметь:

- работать с файловой системой операционной системы UNIX в терминальном режиме;
- редактировать файлы программ с помощью стандартных редакторов операционной системы UNIX;
- уметь пересылать файлы между компьютерами различными способами;
- компилировать и линковать программы, написанные с привлечением стандартных библиотек;
- создавать собственные библиотеки подпрограмм и использовать их для написания и компиляции собственных программ;
- использовать библиотеку GSL для решения стандартных задач вычислительной математики;
- разрабатывать алгоритмы в соответствии с принципами структурного программирования;
- разрабатывать простые параллельные алгоритмы, создавать простые параллельные программы для компьютеров с общей и распределенной памятью;
- запускать параллельные программы на многопроцессорных вычислительных комплексах;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и экспериментальных результатов.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотной обработки результатов экспериментов и сопоставления с теоретическими и литературными данными;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
- практикой работы в операционной системе UNIX, включая написание, редактирование, отладку и запуск последовательных и параллельных программ.

Темы и разделы курса:

1. Основы операционной системы UNIX.

История UNIX. Стандарт POSIX, возникновение LINUX. Принципы UNIX-подобных операционных систем, влияние на другие операционные системы. Структура операционной системы UNIX.

Основные команды операционной системы UNIX. Работа в командной строке, командный процессор `bash`. Файловая система операционной системы UNIX, работа с файлами и каталогами, права на файлы и каталоги. Создание, просмотр и редактирование текстовых файлов. Перенаправление потоков ввода-вывода.

2. Обзор языков программирования.

Классификация языков программирования: интерпретируемые и компилируемые, процедурные и объектно-ориентированные. Теорема Бема—Якопини как обоснование принципов процедурного программирования. Принципы объектно-ориентированных языков программирования: инкапсуляция, наследование, полиморфизм.

Компиляция программ на языке C. Основные этапы компиляции, ключи компилятора `gcc` на каждом этапе компиляции. Возможные ошибки компиляции на каждом из этапов. Понятие о библиотеках, способы создания и работы с библиотеками.

3. Процессы в операционной системе UNIX. Особенности синтаксиса языка C.

Что такое процесс на процессоре ЭВМ. Разные способы отображения списка процессов в ОС UNIX. Запуск бесконечного процесса. Способы управления процессами с помощью сигналов (останов, перевод в фоновый режим, вывод из фонового режима), соответствие некоторых сигналов клавиатурным комбинациям. Понятия о потоках в рамках процесса.

Синтаксис языка C. Препроцессирование, основные директивы препроцессора, заголовочные файлы. Опции компиляции и линковки. Создание и подключение библиотек, просмотр библиотек.

4. Компиляция примера свободно распространяемой программы.

Утилита компиляции `make`. Скрипт автоматизированной сборки программ `Makefile`.

Загрузка из интернета и компиляция примеров свободно распространяемых программ – калькулятора, шахматной программы.

5. Общепринятые правила программирования на языке C. Самостоятельное написание примеров программ.

Расстановка пробелов, отступов (стиль Олмана). Комментарии в программе. Прочие общепринятые принципы программирования. Управляющие структуры языка C.

Самостоятельное написание структурированной программы: вывод прямоугольника из звездочек.

Самостоятельное написание структурированной программы: вывод ромба из звездочек.

6. Библиотека `GSL`.

Генераторы случайных чисел. Библиотека `GSL`. Пример программы, использующей генерацию нескольких случайных чисел. Задача о случайном блуждании.

7. Моделирование случайных процессов.

Понятие о методе Монте-Карло. Алгоритм Метрополиса. Моделирование случайных процессов.

8. Задача о перколяции.

Обзор примеров ситуаций, в которых требуется решение задачи о перколяции.

Самостоятельное написание программы, моделирующей перколяцию. Сравнение значения, полученного в результате такого моделирования, с экспериментом.

9. Одномерная модель Изинга.

Программирование одномерной модели Изинга – системы взаимодействующих спинов. Моделирование эволюции такой системы, приведение системы к равновесию. Численный расчет средней энергии, теплоемкости, магнитного момента системы, оценка погрешности моделирования. Аналитический расчет энергии, теплоемкости, магнитного момента; сравнение значений, полученных аналитически, с результатами моделирования. Изучение зависимости результатов от параметров моделирования.

10. Двумерная модель Изинга.

Программирование двумерной модели Изинга. Расчет теплоемкости, энергии, магнитного момента в двумерном случае. Моделирование фазового перехода второго рода.

11. Понятие о параллельном программировании.

Суперкомпьютеры с распределенной памятью. Библиотека MPI, межпроцессорные обмены. Написание, отладка и запуск параллельных задач.

12. Технология OpenMP.

Понятие о программировании с общей памятью. Обзор технологии OpenMP, пример программы.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Вычислительные методы экспериментальной и теоретической физики

Цель дисциплины:

Формирование базовых знаний по основам вычислительных методов, используемых при математическом моделировании широкого круга физических процессов и численного анализа результатов физических экспериментов.

Задачи дисциплины:

- освоение студентами базовых знаний в области вычислительных методов, используемых при математическом моделировании физических процессов и численного анализа результатов физических экспериментов;
- приобретение студентами знаний в области компьютерного моделирования сложных физических процессов;
- оказание консультаций и помощи студентам при освоении вычислительных методов и построения математических моделей;
- приобретение навыков компьютерного моделирования при исследованиях широкого круга физических процессов;
- формирование умений и навыков применять полученные знания для решения сложных физических задач и самостоятельного анализа полученных результатов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- современные методы численного решения базовых уравнений математической физики и методы обработки экспериментальных данных;
- методы математического моделирования задач физики;
- порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;
- современные проблемы физики, химии, математики;
- источники ошибок и искажений результатов, возникающие при численном моделировании физических задач.

уметь:

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
- получать наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценить степень их достоверности;
- работать на современной, в том числе и уникальной компьютерной технике;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотного сопоставления теоретических результатов с экспериментальными данными;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
- навыками численного решения уравнений математической физики;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
- навыками численного анализа реальных задач в области гидродинамики и физики плазмы.

Темы и разделы курса:**1. Основные понятия и методы теории разностных схем.**

Сходимость, аппроксимация, устойчивость, монотонность. Теорема Лакса–Рябенского–Филиппова. Основные способы построения разностных схем: конечно-разностные схемы, интерполяционно-характеристические, конечно-объемные, компактные, бикомпактные. Методы исследования устойчивости разностных схем: спектральный признак устойчивости

фон Неймана, условие Куранта–Фридрихса–Леви, сеточный принцип максимума, основы теории Самарского устойчивости двухслойных и трехслойных разностных схем.

2. Уравнения гиперболического типа.

Линейное уравнение переноса (уравнение адвекции). Основные разностные схемы численного решения уравнения переноса: схемы первого порядка на трехточечных шаблонах (все схемы типа "уголок"), схемы Лакса–Вендроффа, Бима–Уорминга и "кабаре" на четырехточечных шаблонах, схема TVD. Схемы повышенного порядка аппроксимации на минимальном шаблоне: компактные, бикомпактные, эрмитовы (CIP). Понятие о диссипативной и дисперсионной ошибке схем. Опережающая и запаздывающая дисперсия схем. Монотонность разностных схем. Метод коррекции потоков. Метод Холодова построения схем, приближенных к монотонным, в пространстве неопределенных коэффициентов.

Квазилинейное уравнение Хопфа. Понятие о сильных и слабых разрывах. Квазилинейное уравнение переноса как основа для построения схем для решения задач газовой динамики. Консервативность разностных схем. Схема Лакса–Вендроффа и Мак-Кормака. Линейное неоднородное уравнение переноса нейтронов и излучений и его особенности.

Постановка задач для волнового уравнения. Схема «крест» и ее устойчивость. Переход к системе уравнений акустики. Двухслойные схемы для уравнений акустики. Гиперболические системы уравнений в частных производных. Инварианты Римана.

3. Уравнения параболического типа.

Нестационарное уравнение теплопроводности. Явные и неявные методы решения нестационарного уравнения теплопроводности. Согласование порядка аппроксимации уравнения и краевых условий второго и третьего рода для уравнения теплопроводности при неявной аппроксимации. Монотонность двухслойных разностных схем. Квазилинейное уравнение теплопроводности. Тепловая волна Зельдовича–Соболя–Самарского. Варианты аппроксимации коэффициента теплопроводности. "Наилучшая" аппроксимация коэффициента теплопроводности и ее проблемы при решении задачи о тепловой волне.

Одномерное уравнение теплопроводности в декартовых, цилиндрических и сферических координатах. Многомерное уравнение теплопроводности и проблемы его решения.

Уравнение Шрёдингера.

4. Уравнение конвекции–диффузии.

Модельные уравнения гидро– и аэромеханики. Уравнение синус–Гордон. Уравнение Кортвега-де-Фриза. Уравнение Бюргерса.

5. Уравнения эллиптического типа.

Устойчивость схемы "крест". Обусловленность задачи решения получаемой системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Основные методы линейной алгебры решения полученной СЛАУ: метод Якоби, Зейделя, последовательной верхней релаксации (ПВР=SOR, SSOR) и поиск оптимального параметра для ПВР. Основные методы решения уравнений эллиптического типа на основе метода установления: метод простой итерации с оптимальным параметром, метод простой итерации с набором чебышевских параметров, метод переменных направлений, попеременно-треугольный метод. Связь с многомерным уравнением теплопроводности. Быстрое преобразование Фурье. Понятие о многосеточном методе Федоренко.

Экономичность методов решения многомерных задач для уравнения теплопроводности. Метод переменных направлений, методы расщепления (в том числе по физическим процессам) и метод суммарной аппроксимации.

Интегро-интерполяционный метод построения аппроксимации уравнения Лапласа (Пуассона) на регулярных непрямоугольных сетках.

6. Интегральные уравнения Вольтерры и Фредгольма.

Методы решения интегральных уравнений: сеточный метод, методы Бубнова–Галеркина и Петрова–Галеркина, метод наименьших квадратов, метод коллокации, метод замены ядра на вырожденное ядро. Понятие о некорректных задачах. Пространства Соболева. Метод регуляризации Тихонова. Задачи на поиск собственного значения (метод Келлога). Понятие о нелинейных интегральных уравнениях, линеаризация Ньютона.

7. Численные методы решения уравнений газовой динамики.

Численные методы решения уравнений газовой динамики. Лагранжево и эйлерово представлении уравнений газовой динамики. Задача Римана о распаде произвольного разрыва. Схема Годунова. Сквозной расчет течений с газодинамическими разрывами. Искусственная вязкость. Схема Лакса—Вендроффа, схема Мак-Кормака, метод крупных частиц. Схема в лагранжевых переменных.

8. Метод конечных элементов. Уравнение Пуассона.

Обобщенная постановка задачи. Кусочно-линейная аппроксимация. Разложение решения по базису локальных функций. Определение конечного элемента. Инженерный подход. Аппроксимация граничных условий. Квадратичные элементы. Уравнение

Пуассона в прямоугольнике. Обобщенная постановка задачи. Конечно-элементная аппроксимация с помощью линейных элементов. Бариецентрические координаты. Конечно-элементная аппроксимация с помощью квадратичных элементов.

9. Метод конечных элементов. Уравнение теплопроводности.

Полудискретный метод конечных элементов. Сравнение с методом прямых. Необходимые условия устойчивости.

10. Методы дискретных преобразований Фурье.

Точное решение системы ОДУ метода прямых для уравнения теплопроводности. Дискретное синус-преобразование Фурье. Переход к спектральному методу. Необходимые условия устойчивости разностных схем на основе метода прямых и спектрального метода. Разностные схемы для нестационарного уравнения Шредингера. Необходимые условия устойчивости. Связь синус-преобразования Фурье с комплексным преобразованием. Алгоритм быстрого преобразования Фурье. Введение в дискретный Фурье-анализ. Применение метода расщепления и спектрального метода для решения нестационарного уравнения Шредингера. Вещественная форма конечного ряда Фурье.

11. Численные методы в задачах обработки сигналов.

Быстрое преобразование Фурье в задачах обработки сигналов. Применение преобразования Гильберта в анализе высокочастотных модулированных сигналов.

12. Вычислительная электродинамика.

Постановки начально-краевых задач. Проблема моделирования неотражающих граничных условий. Искусственные PML-условия. PML-условия для волновых уравнений с гармонической временной зависимостью. Интерпретация в терминах комплексных пространственных координат. Необходимость использования неотражающих граничных условий в задаче нахождения нормальных мод волновода, аналогичного квантово-механическому потенциальному барьеру. Задача о распространении поля в волноводе, один конец которого возбуждается внешним источником. Параболическое уравнение Леонтовича. Метод FDTD в одномерной геометрии.

13. Система уравнений Максвелла в 2D и 3D геометриях.

Разностная схема для системы уравнений Максвелла в 2D и 3D геометриях. Порядок аппроксимации и условие устойчивости. Особенности решения уравнений Максвелла в неодномерных геометриях.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Вычислительные средства: C++

Цель дисциплины:

- ознакомление студентов с основами объектно-ориентированного программирования, с базовым описанием языка C++;
- решение типичных задач, иллюстрирующих изучаемые на лекциях темы.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний языка программирования C++;
- знакомство студентов с основами методик императивного и объектно-ориентированного программирования;
- формирование у студентов практических навыков разработки компьютерных программ.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основы языка программирования C++;
- типовые решения, применяемые при написании программ на C++ ;
- принципы программирования структур данных;
- основы парадигм императивного и объектно-ориентированного программирования.

уметь:

- работать в операционной системе UNIX: редактировать файлы (emacs), компилировать и отлаживать программы (gcc), пользоваться базовыми командами командного интерпретатора (bash);
- применять объектно-ориентированный подход для написания программ.

владеть:

- языком программирования C++;
- средствами программирования базовых структур данных (vector, list и map) с использованием стандартной библиотеки шаблонов (STL).

Темы и разделы курса:

1. Введение.

Эволюция языков программирования. Программа "HELLO, WORLD" в C++. Транслятор языка C++. Рекомендуемая литература.

2. От C к C++

C++ как «расширенный» C. Новый стиль ввода-вывода. Пространства имён. Перегрузка функций. Прототипы и сигнатуры.

3. Ссылки (references)

Ссылки (references). Динамическая память, C++-стиль.

4. Пользовательские типы данных: классы

Пользовательские типы данных: классы. Зачем нужны классы если уже есть структуры? Объектный стиль программирования.

5. Конструкторы и деструкторы

Конструкторы и деструкторы. Конструктор по умолчанию. Копирующий конструктор. Конструкторы в качестве операторов приведения типа

6. Перегрузка операторов и функций

Перегрузка операторов и функций. Друзья классов

7. Наследование

Наследование. Виртуальные функции. Абстрактные классы

8. Наследование и полиморфизм

Наследование и полиморфизм. Основная идея. RTTI и dynamic_cast

9. Исключения (exceptions)

Исключения (exceptions). Исключения и полиморфизм. Перехват исключений оператора new.

10. C++ стиль ввода/вывода

C++ стиль ввода-вывода. Перегрузка операторов ввода-вывода. Управление форматным выводом. Манипуляторы.

11. Шаблоны (templates)

Понятие обобщённого (generic) программирования и введение в стандартную библиотеку шаблонов (STL). Рекомендуемая литература по STL. Программирование простейших шаблонов функций.

12. STL: Последовательный контейнер vector

Использование STL: Контейнеры, алгоритмы, итераторы. Последовательный контейнер vector.

13. STL: Последовательный контейнер list

Использование STL: Последовательный контейнер list.

14. STL: Ассоциативные контейнеры set и map

Использование STL: Ассоциативные контейнеры set и map.

15. STL: Алгоритмы

Использование STL: Алгоритмы. Объекты-функции (function object).

16. Стандартная библиотека C++: string, complex

Стандартная библиотека C++: string, complex. Полезные функции. C++, что осталось «за кадром»?

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Гармонический анализ (классич.)

Цель дисциплины:

формирование систематических знаний о методах математического анализа, расширение и углубление таких понятий как функция и ряд.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся теоретических знаний и практических навыков в теории тригонометрических рядов Фурье и началах функционального анализа;
- подготовка слушателей к изучению смежных математических дисциплин;
- приобретение навыков в применении методов математического анализа в физике и других естественнонаучных дисциплинах.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные факты теории тригонометрических рядов Фурье абсолютно интегрируемых функций: достаточные условия поточечной и равномерной сходимости;
- теоремы о почленном интегрировании и дифференцировании, порядке убывания коэффициентов, теореме о суммировании рядов Фурье методом средних арифметических и ее применения;
- определение сходимости в метрических и линейных нормированных пространствах, примеры полных и неполных пространств;
- примеры полных систем в линейных нормированных пространствах;
- основные понятия теории рядов Фурье по ортонормированной системе в бесконечномерном евклидовом пространстве;
- определения собственных и несобственных интегралов, зависящих от параметра, их свойства; теоремы о непрерывности, дифференцировании и интегрировании по параметру несобственных интегралов, их применение к вычислению интегралов;
- достаточное условие представления функции интегралом Фурье;
- преобразование Фурье абсолютно интегрируемой функции и его свойства;

- основные понятия теории обобщенных функций, преобразование Фурье обобщенных функций, его свойства.

уметь:

-разлагать функции в тригонометрический ряд Фурье, исследовать его на равномерную сходимость, определять порядок убывания коэффициентов Фурье;

-исследовать полноту систем в функциональных пространствах;

-исследовать сходимость и равномерную сходимость несобственных интегралов с параметром, дифференцировать и интегрировать их по параметру;

-представлять функции интегралом Фурье; выполнять преобразования Фурье;

-оперировать с обобщенными функциями.

владеть:

-мышлением, методами доказательств математических утверждений;

-навыками работы с рядами и интегралами Фурье в различных формах;

-навыками применения изученной теории в математических и физических приложениях;

-умением пользоваться необходимой литературой для решения задач.

Темы и разделы курса:

1. Тригонометрические ряды Фурье для абсолютно интегрируемых функций.

Лемма Римана. Тригонометрические ряды Фурье для абсолютно интегрируемых функций, стремление их коэффициентов к нулю. Представление частичной суммы ряда Фурье интегралом через ядро Дирихле. Принцип локализации. Признаки Дини и Липшица сходимости рядов Фурье, следствия из признака Липшица. Равномерная сходимость рядов Фурье. Почленное интегрирование и дифференцирование рядов Фурье. Порядок убывания коэффициентов Фурье. Ряды Фурье в комплексной форме.

2. Суммирование рядов Фурье методом средних арифметических.

Суммирование рядов Фурье методом средних арифметических. Теоремы Вейерштрасса о приближении непрерывных функций тригонометрическими и алгебраическими многочленами.

3. Метрические и линейные нормированные пространства.

Метрические и линейные нормированные пространства. Сходимость в метрических пространствах. Полные метрические пространства, полные линейные нормированные (банаховы) пространства. Полнота пространства Неполнота пространства непрерывных на отрезке функций с интегральными нормами. Сравнение норм: сравнение равномерной сходимости, сходимостей в среднем и в среднем квадратичном. Полные системы в линейных нормированных пространствах.

4. Бесконечномерные евклидовы пространства.

Бесконечномерные евклидовы пространства. Ряд Фурье по ортонормированной системе. Минимальное свойство коэффициентов Фурье, неравенство Бесселя. Равенство Парсеваля. Ортонормированный базис в бесконечномерном евклидовом пространстве. Гильбертовы пространства. Необходимое и достаточное условия для того, чтобы последовательность чисел являлась последовательностью коэффициентов Фурье элемента гильбертова пространства с фиксированным ортонормированным базисом. Связь понятий полноты и замкнутости ортонормированной системы.

5. Тригонометрические ряды Фурье для функций, абсолютно интегрируемых с квадратом.

Тригонометрические ряды Фурье для функций, абсолютно интегрируемых с квадратом. Полнота тригонометрической системы, равенство Парсеваля. Полнота системы полиномов Лежандра.

6. Собственные интегралы и несобственные интегралы.

Собственные интегралы, зависящие от параметра и их свойства. Несобственные интегралы, зависящие от параметра; равномерная сходимости. Критерий Коши равномерной сходимости, признак Вейерштрасса. Признак Дирихле. Непрерывность, дифференцирование и интегрирование по параметру несобственных интегралов. Применение теории интегралов, зависящих от параметра, к вычислению определенных интегралов. Интегралы Дирихле и Лапласа. Интегралы Эйлера - гамма и бета-функции.

Выражение бета-функции через гамма-функцию.

7. Интеграл Фурье.

Интеграл Фурье. Представление функции интегралом Фурье. Преобразование Фурье абсолютно интегрируемой функции и его свойства: непрерывность, стремление к нулю на бесконечности. Формулы обращения. Преобразование Фурье производной и производная преобразования Фурье.

8. Пространство основных функций и пространство обобщенных функций.

Пространство основных функций и пространство обобщенных функций. Регулярные и сингулярные обобщенные функции. Дельта-функция. Умножение обобщенной на бесконечно дифференцируемую. Сходимость в пространстве обобщенных функций. Дифференцирование обобщенных функций.

9. Преобразование Фурье обобщенных функций.

Преобразование Фурье обобщенных функций. Преобразование Фурье производной и производная преобразования Фурье.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Гармонический анализ (модерн.)

Цель дисциплины:

формирование систематических знаний о методах математического анализа, расширение и углубление таких понятий как функция и ряд.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся теоретических знаний и практических навыков в теории тригонометрических рядов Фурье и началах функционального анализа;
- подготовка слушателей к изучению смежных математических дисциплин;
- приобретение навыков в применении методов математического анализа в физике и других естественнонаучных дисциплинах.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные факты теории тригонометрических рядов Фурье абсолютно интегрируемых функций: достаточные условия поточечной и равномерной сходимости;
- теоремы о почленном интегрировании и дифференцировании, порядке убывания коэффициентов, теореме о суммировании рядов Фурье методом средних арифметических и ее применения;
- определение сходимости в метрических и линейных нормированных пространствах, примеры полных и неполных пространств;
- примеры полных систем в линейных нормированных пространствах;
- основные понятия теории рядов Фурье по ортонормированной системе в бесконечномерном евклидовом пространстве;
- определения собственных и несобственных интегралов, зависящих от параметра, их свойства; теоремы о непрерывности, дифференцировании и интегрировании по параметру несобственных интегралов, их применение к вычислению интегралов;
- достаточное условие представления функции интегралом Фурье;
- преобразование Фурье абсолютно интегрируемой функции и его свойства;

- основные понятия теории обобщенных функций, преобразование Фурье обобщенных функций, его свойства.

уметь:

-разлагать функции в тригонометрический ряд Фурье, исследовать его на равномерную сходимость, определять порядок убывания коэффициентов Фурье;

-исследовать полноту систем в функциональных пространствах;

-исследовать сходимость и равномерную сходимость несобственных интегралов с параметром, дифференцировать и интегрировать их по параметру;

-представлять функции интегралом Фурье; выполнять преобразования Фурье;

-оперировать с обобщенными функциями.

владеть:

-мышлением, методами доказательств математических утверждений;

-навыками работы с рядами и интегралами Фурье в различных формах;

-навыками применения изученной теории в математических и физических приложениях;

-умением пользоваться необходимой литературой для решения задач.

Темы и разделы курса:

1. Тригонометрические ряды Фурье для абсолютно интегрируемых функций.

Лемма Римана. Тригонометрические ряды Фурье для абсолютно интегрируемых функций, стремление их коэффициентов к нулю. Представление частичной суммы ряда Фурье интегралом через ядро Дирихле. Принцип локализации. Признаки Дини и Липшица сходимости рядов Фурье, следствия из признака Липшица. Равномерная сходимость рядов Фурье. Почленное интегрирование и дифференцирование рядов Фурье. Порядок убывания коэффициентов Фурье. Ряды Фурье в комплексной форме.

2. Суммирование рядов Фурье методом средних арифметических.

Суммирование рядов Фурье методом средних арифметических. Теоремы Вейерштрасса о приближении непрерывных функций тригонометрическими и алгебраическими многочленами.

3. Метрические и линейные нормированные пространства.

Метрические и линейные нормированные пространства. Сходимость в метрических пространствах. Полные метрические пространства, полные линейные нормированные (банаховы) пространства. Полнота пространства Неполнота пространства непрерывных на отрезке функций с интегральными нормами. Сравнение норм: сравнение равномерной сходимости, сходимостей в среднем и в среднем квадратичном. Полные системы в линейных нормированных пространствах.

4. Бесконечномерные евклидовы пространства.

Бесконечномерные евклидовы пространства. Ряд Фурье по ортонормированной системе. Минимальное свойство коэффициентов Фурье, неравенство Бесселя. Равенство Парсеваля. Ортонормированный базис в бесконечномерном евклидовом пространстве. Гильбертовы пространства. Необходимое и достаточное условия для того, чтобы последовательность чисел являлась последовательностью коэффициентов Фурье элемента гильбертова пространства с фиксированным ортонормированным базисом. Связь понятий полноты и замкнутости ортонормированной системы.

5. Тригонометрические ряды Фурье для функций, абсолютно интегрируемых с квадратом.

Тригонометрические ряды Фурье для функций, абсолютно интегрируемых с квадратом. Полнота тригонометрической системы, равенство Парсеваля. Полнота системы полиномов Лежандра.

6. Собственные интегралы и несобственные интегралы.

Собственные интегралы, зависящие от параметра и их свойства. Несобственные интегралы, зависящие от параметра; равномерная сходимость. Критерий Коши равномерной сходимости, признак Вейерштрасса. Признак Дирихле. Непрерывность, дифференцирование и интегрирование по параметру несобственных интегралов. Применение теории интегралов, зависящих от параметра, к вычислению определенных интегралов. Интегралы Дирихле и Лапласа. Интегралы Эйлера - гамма и бета-функции.

Выражение бета-функции через гамма-функцию.

7. Интеграл Фурье.

Интеграл Фурье. Представление функции интегралом Фурье. Преобразование Фурье абсолютно интегрируемой функции и его свойства: непрерывность, стремление к нулю на бесконечности. Формулы обращения. Преобразование Фурье производной и производная преобразования Фурье.

8. Пространство основных функций и пространство обобщенных функций.

Пространство основных функций и пространство обобщенных функций. Регулярные и сингулярные обобщенные функции. Дельта-функция. Умножение обобщенной на бесконечно дифференцируемую. Сходимость в пространстве обобщенных функций. Дифференцирование обобщенных функций.

9. Преобразование Фурье обобщенных функций.

Преобразование Фурье обобщенных функций. Преобразование Фурье производной и производная преобразования Фурье.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Генная инженерия

Цель дисциплины:

владение методологическими основами и инструментарием генетической и метаболической инженерии - основы для проведения исследований в области генетики и молекулярной биологии и для получения промышленно значимых микроорганизмов.

Задачи дисциплины:

студенты должны получить профессиональные теоретические знания основ генетической и метаболической инженерии микроорганизмов, а также выработать навыки применения методов генетической и метаболической инженерии для создания промышленно значимых микроорганизмов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Предмет генетической инженерии. Ферменты, используемые в генетической инженерии. Системы рестрикции –модификации. РНК-полимеразы. ДНК-полимеразы. Щелочная фосфатаза и полинуклеотидкиназа. Нуклеазы. Топоизомераза. ДНК-лигаза. Репликация, транскрипция, трансляция: основные отличия у про- и эукариот. Автономные единицы репликации (плазмиды, бактериофаги, хромосомы). Репликоны. Несовместимость плазмид. Мобилизация плазмид. Маркеры, используемые для селекции. Конструирование гибридных плазмид. Выделение плазмидной ДНК. Выделение тотальной ДНК. Выделение РНК. Разделение фрагментов ДНК с помощью электрофореза в агарозном и полиакриламидном гелях. Принцип амплификации фрагментов ДНК с помощью ПЦР. Клонирование фрагментов, полученных ПЦР. Клонирование в Т-вектор. Трансформация клеток бактерий. Трансфекция. Блотинг и гибридизация. Секвенирование ДНК. Изоляция эукариотических мРНК. ОТ-ПЦР (RT-PCR). ПЦР клонирование генов эукариот. Спонтанный мутагенез. Основные типы повреждения ДНК. Системы репарации ДНК бактерий на примере *E. coli*. Гомологичная рекомбинация ДНК. Сайт-направленный мутагенез. Получение мутаций в хромосоме *E. coli*. Транскрипция генов бактерий. Регуляция лактозного оперона *E. coli*. Регуляция транскрипции целевого гена в штамме BL21(DE3) на векторах серии pET. Транскрипция генов эукариот. Трансляция у бактерий и эукариот. Пост-трансляционный уровень регуляции активности белков. Химерные белки. Векторы: pBR322, pUC18/19, pACYC184, pET15b. Векторы с широким спектром хозяев и челночные векторы для грам-отрицательных и грам-положительных бактерий Дрожжевые

векторы и векторы для клонирования больших фрагментов ДНК: *Yac*, *Vac*. Основные понятия метаболической инженерии и синтетической биологии. Сфера применения метаболической инженерии. Показатели микробной ферментации. Биохимический состав клетки и метаболиты. Гены, кодирующие метаболизм. Минимализация генома. Экономные и эффективные пути синтеза. Метаболомика и потоки. Проточная цитометрия. Роботизированный скрининг. Прямая и обратная генетика. Методы повышения и понижения экспрессии генов. Тонкий тюнинг промоторов. Скаффолды. Изменение субстратной специфичности ферментов. Ингибирование и десенсибилизация. Принцип сопряжения синтеза с жизненно важными функциями. Направленная эволюция и селекция в ферментере.

уметь:

Анализировать первичные последовательности нуклеиновых кислот и белков, использовать биоинформатические подходы для сравнительного анализа нуклеиновых кислот и белков, применять методы работы с нуклеиновыми кислотами. Владеть оборудованием, применяющимся в генно-инженерных работах.

Готовить растворы для выделения ДНК и проведения агарозного гельэлектрофореза. Калибровать рН метр. готовить микробиологические среды для *Escherichia coli*.

Освоить методы дизайна праймеров. Ставить ПЦР. контролировать результаты ПЦР при помощи агарозного гельэлектрофореза.

Элюировать фрагменты ДНК из геля. Контроль результатов элюции при помощи агарозного гельэлектрофореза. проводить лигирование.

Работать с бактериями (на примере *E. coli*).

Трансформация *E. coli*.

Анализ клонов по фенотипу и методом ПЦР.

Выделение плазмидной ДНК и проверка конструкций методом рестриктоного анализа.

Ферментация *E. coli* и анализ экспрессии клонированного гена методом электрофореза в полиакриламидном геле (SDS-PAGE) по Лэммли.

Анализировать экспрессию клонированного гена по фенотипу.

владеть:

- информацией по основным базам данных нуклеотидных и аминокислотных последовательностей;

- методиками проведения электрофореза, ПЦР, гибридизации, рестрикции, молекулярного клонирования;

- навыками использования методов и соответствующего оборудования для выделения и очистки белков (ВЭЖХ, электрофорез, спектрофотометрия), статистической обработки полученных результатов измерений, первичными навыками по синтезу аффинных сорбентов.

Темы и разделы курса:

1. Предмет генетической инженерии. Краткая история предмета

Понятие генетической инженерии: клонирование генов, мутагенез, генотерапия.

Место генетической инженерии в классической генетике.

Термины классической генетики с точки зрения молекулярной генетики.

История возникновения генетической инженерии. История открытий автономных единиц репликации, систем рестрикции/модификации, секвенирования, амплификации ДНК и т.д. История становления методологии и основные вехи развития генетической инженерии.

Успехи биотехнологии в результате использования методов генетической инженерии:

2. Ферменты, используемые в генетической инженерии

Системы рестрикции-модификации ДНК.

Полимеразы.

ДНК-лигазы

Щелочная фосфатаза и полинуклеотидкиназа фага T4.

Нуклеазы.

Топоизомераза I и II.

Люциферазы.

3. Автономные единицы репликации

Автономные единицы репликации – плазмиды и хромосомы как основа генетического материала при конструировании новых систем.

Использование плазмид для создания генетических конструкций.

Плазмиды для создания бактериальных биосенсоров.

Мобилизация плазмид.

Репликоны и основные группы несовместимости плазмид.

Маркеры, используемые для селекции.

Бактериофаги и вирусы как автономные единицы репликации

4. Основы клонирования

Конструирование гибридных плазмид.

Изоляция и очистка ДНК плазмид.

Разделение фрагментов ДНК с помощью электрофореза в агарозном и полиакриламидном гелях.

ПЦР-клонирование.

Трансформация клеток бактерий.

Безлигазное клонирование генов, сборка по Гибсону.

Клонирование фрагментов, полученных ПЦР.

Клонирование в Т-вектор.

Анализ клонированных генов.

Химерные белки.

Конструирование lux- и других биосенсоров.

5. Особенности клонирования эукариотических генов и клонирования в клетках эукариот

Изоляция эукариотических мРНК. Синтез кДНК.

Выделение, очистка и анализ мРНК из клеток эукариот.

Экспрессия генов и регуляция экспрессии.

Транскрипция генов бактерий.

Транскрипция генов эукариот.

Пост-трансляция.

6. Мутагенез

Скорость спонтанного мутагенеза.

Индукцированный мутагенез в клетках *E. coli*.

Получение мутаций с помощью веществ супермутагенов.

Транспозонный мутагенез.

Сайт-направленный мутагенез плазмидных генов.

Белковая инженерия

Сайт-направленный мутагенез хромосомальных генов бактерий.

Использование Red лямбда для мутагенеза хромосомы *E. coli*

Использование транспозаз для мутагенеза хромосомы бактерий.

Использование конъюгации для мутагенеза хромосомы бактерий

Сайт-направленный мутагенез хромосомальных генов эукариот.

Получение мутаций с помощью системы ZFN (zinc finger nucleases)

Получение мутаций с помощью CRISPR/Cas9 системы..

Получение мутаций с помощью TALENs (Transcription activator-like effector nuclease)

7. Векторы для клонирования генов в *E. coli*.

Векторы серий pBR и pACYC.

Векторы серии pUC.

Векторы серии pGEM.

T-векторы

ТОРО-клонирование.

8. Векторы для клонирования в прокариотах и специальные векторы

Фаговые векторы. Космиды.

Векторы с широким спектром хозяев

Векторы для грам-положительных бактерий.

Экспрессирующие векторы и векторы – репортеры.

Векторы для конструирования биосенсоров.

9. Векторы для эукариот

Векторы для клеток дрожжей, насекомых и млекопитающих.

Дрожжевые векторы и векторы для клонирования больших фрагментов ДНК: Yac, Vac.

Гены-репортеры.

Трансфекция клеток млекопитающих.

Экспрессирующие векторы эукариот.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Геометрия расслоений и теория представлений

Цель дисциплины:

Цель освоения дисциплины состоит в формировании у студентов представления об актуальных для современной физики аспектах геометрии и теории представлений, необходимых для освоения дальнейших курсов программы и занятий научной работой.

Задачи дисциплины:

Задача дисциплины состоит в знакомстве с основными примерами гладких пространств, расслоений, представлений различных алгебр Ли, Формирование практических вычислительных навыков в указанных направлениях, необходимых для проведения исследований, и понимание теоретической составляющей, позволяющей свободно овладеть современной литературой.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Основные понятия и утверждения в области дифференциальной геометрии, теории расслоение и теории представлений, и иллюстрирующие их примеры.

уметь:

Эффективно использовать на практике теоретические понятия, решать базовые вычислительные задачи дифференциальной геометрии, теории расслоение и теории представлений.

владеть:

Основными методами, использующимися при решении задач задачи дифференциальной геометрии, теории расслоение и теории представлений, а также набором примеров, часто встречающихся в различных разделах теоретической физики.

Темы и разделы курса:

1. Теория представлений алгебры $sl(N)$

В продолжение курса теории групп, будет изучаться обобщение метода старших векторов для построения представлений на примере специальной линейной алгебры. Будут построены представления в низких размерностях, показано, как они описываются с помощью диаграмм Юнга, и затронута двойственность Шура-Вейля.

2. Системы корней, представления абстрактных алгебры

Метод построения представлений будет обобщен на произвольные алгебры Ли с помощью метода систем корней. Помимо классических методов, данной теме будет уделено внимание более современным взглядам на теорию представлений, в частности, представлений с помощью дифференциальных операторов. Будет изучена теория представлений разных алгебр Ли и их особенности. В частности, отличие важных для физики унитарных и ортогональных алгебр.

3. Классификация полупростых алгебр Ли

На основании изученного материала о системах корней можно построить классификацию полупростых алгебр Ли. Занятия в этой теме будут посвящены этому классическому математическому результату.

4. Анализ на гладких многообразиях

Повторение понятия гладкого многообразия из математического анализа. Значительная часть времени будет уделена примерам разных многообразий, часто возникающих в физике и математике. Введение понятия векторных полей и дифференциальных форм, решение задач на операции с ними. Изучение операций с ними таких как дифференциал де-Рама, интегрирование форм.

5. Теория векторных расслоений

Калибровочные поля в физике описываются на языке векторных расслоений. Целью занятий по данной теме является знакомство с основными понятиями. Изучим формы связности и кривизны, понятие ковариантной производной. На простейших примерах изучим понятие характеристических классов их связь с топологией и такими физическими моделями, как монополю Дирака.

6. Риманова геометрия

Обсудим, как полученные знания, применить к общей теории относительности. Обсудим математический смысл знакомых объектов из ОТО, таких как символы Кристоффеля, тензор Римана и т.д.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Гидродинамика и элементы интегрируемых систем

Цель дисциплины:

ознакомление с основными идеями и методами гидродинамики и теории турбулентности.

Задачи дисциплины:

познакомить студентов с основными понятиями и идеями гидродинамики и теории турбулентности, с постановкой задач и подходами к их решениям. Предполагается, что, прослушав этот курс, студенты смогут использовать методы и подходы этой области в своей научно-исследовательской работе.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия по теме дисциплины.

уметь:

- пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования, решать задачи по теме дисциплины.

владеть:

- математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

Темы и разделы курса:

1. Идеальная жидкость. Уравнения, непрерывности, Эйлера и Бернулли. Потенциальные течения.

Вводится понятие идеальной жидкости, выводятся уравнения описывающие движение идеальной жидкости. Рассматриваются примеры течений идеальной жидкости при отсутствии в ней завихренности — так называемые потенциальные течения.

2. Вязкая жидкость. Уравнение движения вязкой жидкости. Течение при малых числах Рейнольдса. Формула Стокса. Пограничный слой. Подъемная сила тонкого крыла.

Вводится понятие вязкости и выписывается уравнение Навье-Стокса. Вводится число Рейнольдса, рассматривается решение уравнения Навье-Стокса при малых числах Рейнольдса. Вводится понятие пограничного слоя, выписывается уравнение течения жидкости в пограничном слое.

3. Теплопроводность и диффузия в жидкости и газе. Уравнение распространения тепла и уравнение диффузии. Коэффициенты диффузии и термодиффузии.

Выписываются уравнения теплопроводности и диффузии в жидкости и газе. Рассматриваются различные эффекты переноса тепла, вводятся коэффициенты диффузии и термодиффузии. Рассматриваются примеры решения задач в которых важны обсуждаемые процессы.

4. Звук, одномерные течения сжимаемого газа. Разрывы в звуковой волне. Инварианты Римана. Преобразование годографа.

Выводится уравнение распространения звуковых колебаний. Для случая одномерных волн исследуются нелинейные решения. Вводятся понятия инвариантов Римана, преобразование годографа. Исследуется возникновение ударных волн.

5. Турбулентность. Статистическое описание турбулентных течений. Закон Колмогорова, гипотеза Колмогорова. Диссипативная аномалия. Мультифрактальность как обобщение скейлинга Колмогорова. Модель крупномасштабных пульсаций – течение Бэтчелора. Корреляторы температуры в турбулентном потоке.

Вводятся понятия однородной изотропной турбулентности, формулируется проблема статистического описания. Выводится закон Колмогорова для третьего коррелятора. Обсуждается диссипативная аномалия. Рассматривается задача о переносе флуктуаций температуры в однородной изотропной турбулентности, демонстрируется возникновение перемежаемости в такой задаче.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Гидродинамика

Цель дисциплины:

Обеспечить базовые знания для изучения физики плазмы, космической электродинамики, астрофизики, привлечь внимание студентов к строгим и приближённым методам исследования сплошных сред, характерных для космической физики

Задачи дисциплины:

Обеспечить необходимые сведения о динамике течений и физических процессах в сплошных средах, характерных для гелиофизики, плазменной астрофизики, физики планет солнечной системы и физики Земли, а также о потенциальных методах теоретического и численного анализа течений сплошной среды в космической физике

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

уравнения гидродинамики, теорию звуковых и ударных волн, теорию турбулентности, теорию конвекции, теорию гидродинамической устойчивости сдвиговых течений

уметь:

записывать уравнения сложных гидродинамических течений в интегральной и в дифференциальной формах, решать задачи на собственные значения при исследовании устойчивости гидродинамических течений, записывать уравнения турбулентных течений в рейнольдсовском описании, записывать уравнения динамики турбулентных течений методом крупных вихрей, исследовать разрывные течения в газовой динамике

владеть:

методами гидродинамического описания сложных волновых и турбулентных течений жидкостей и газов в астрофизике, геофизике, физике Солнца, навыками решения задач развития турбулентности, а также задач волновой динамики, в том числе задачи распада разрыва в гидродинамике

Темы и разделы курса:

1. Основные уравнения гидродинамики

Уравнения вязкой и невязкой жидкостей, граничные условия. Учёт эффектов теплопроводности. Сохранение циркуляции скорости и уравнение Бернулли. Законы динамического подобия.

2. Волны в гидродинамике вращающихся и невращающихся течений

Поверхностные волны. Волны Пуанкаре. Волны Россби.

3. Звуковые и ударные волны

Звуковые волны, энергия и импульс звуковых волн, автомодельные решения. Условия Ранкина-Гюгонио на разрыве, задача распада разрыва

4. Гидродинамическая устойчивость и турбулентность

Методы исследования гидродинамических течений на устойчивость. Понятие пограничного слоя. Порог неустойчивости. Слабонадкритическая теория. Развитая турбулентность. Однородная турбулентность. Теория Колмогорова. Перемежаемость турбулентных течений. Рейнольдсовское описание турбулентности. Описание турбулентности методом крупных вихрей.

5. Стратифицированные течения

Задача Бенара, конвективная неустойчивость. Устойчивая стратификация. Частота Брента-Вяйсаля. Внутренние волны. Инерционно-гравитационные волны.

6. Гидродинамика горения

Медленное горение. Детонация. Распространение детонационной волны. Фронт горения. Устойчивость горения.

7. Релятивистская гидродинамика

Уравнения релятивистской гидродинамики. Ударные волны. Релятивистская турбулентность.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Гомологическая алгебра и теория категорий

Цель дисциплины:

научить студентов языку теории категорий и основным методам классической гомологической алгебры, дать примеры ее применений в алгебре, алгебраической топологии и геометрии.

Задачи дисциплины:

научить студента свободно пользоваться языком категорий, функторов и естественных преобразований, понятиями представимого и сопряженного функтора, предела и копредела, а также идеями и методами классической гомологической алгебры: цепными комплексами и их гомологиями, точными последовательностями, производными функторами, инъективными и проективными модулями и резольвентами и применять их для получения гомологических инвариантов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основы теории категорий и гомологической алгебры.

уметь:

работать с цепными комплексами модулей и их резольвентами, вычислять производные функторы Tor и Ext , когомологии пучков, использовать аппарат гомологической алгебры и теории категорий для работы с пучками в разных геометрических категориях.

владеть:

языком теории категорий и методами классической гомологической алгебры.

Темы и разделы курса:

1. Определение категории, малой категории. Примеры категорий. Типы морфизмов: мономорфизмы, эпиморфизмы, изоморфизмы.

Даются определения категории, малой категории. Приводятся примеры категорий таких как категория множеств, топологических пространств, линейных пространств над данным полем и т. д., а также примеры другого типа: моноиды, группы, частично упорядоченные множества как категории и т. д. Определяются общекатегорные понятия мономорфизма, эпиморфизма и изоморфизма, приводятся их примеры в разных категориях.

2. Сумма и произведение в категории. Универсальные объекты, их единственность с точностью до канонического изоморфизма. Примеры универсальных объектов. Универсальное свойство тензорного произведения модулей.

Сумма и произведение в категории --- первые примеры универсальных объектов. Это понятие дает общий взгляд на различные конструкции из разных разделов математики, такие как прямые суммы и прямые произведения модулей над кольцом, произведение и свободное произведение групп, тензорное произведение коммутативных алгебр над полем, тихоновская топология и т. д. Практически все конструкции в алгебре и многие в топологии и геометрии характеризуются универсальными свойствами, то есть являются универсальными объектами в соответствующей категории.

3. Функторы, их примеры. Предпучки. Забывающие функторы и функторы свободы. Полные и строгие функторы.

В этом разделе определяется понятие функтора, которые играют роль отображений между категориями. Приводятся примеры и важнейшие классы функторов. Показывается, что многие понятия алгебры и топологии являются функторами (представление группы, двойственное пространство, свободная группа, абелианизация, фундаментальная группа).

4. Естественные преобразования (морфизмы функторов). Примеры.

Принципиальным отличием категорного от теоретико-множественного является наличие морфизмов между «отображениями» (функторами), а именно естественных преобразований функторов. Приводятся их примеры (сплетающие операторы в теории представлений, естественный изоморфизм между пространством и дважды двойственным для конечномерных линейных пространств и т. д.).

5. Эквивалентность категорий, критерий эквивалентности. Примеры эквивалентных категорий. Эквивалентность Мориты.

Эквивалентность категорий - чрезвычайно важное понятие в данной науке и скорее напоминающее гомотопическую эквивалентность, чем изоморфизм. Самые важные категорные свойства инвариантны относительно эквивалентности. Эквивалентность Мориты является важным и интересным примером эквивалентности категорий (модулей над кольцами).

6. Представимые функторы, примеры. Лемма Йонеды. Применение к определению характеристических классов векторных расслоений и когомологических операций.

Лемма Йонеды - важнейший результат теории категорий, позволяющий дать общее доказательство и установить связи между теоремами из разных областей математики, в которых идет речь о представимых функторах. В качестве следствия мы получаем, что малая категория вкладывается в категорию контравариантных функторов на ней в качестве полной подкатегории. Понятие представимого функтора позволяет переносить в другие категории конструкции теории множеств.

7. Группы и когруппы в категориях. Структурное и диаграммное определения, их эквивалентность. Примеры групповых и когрупповых объектов из алгебры и алгебраической топологии.

Используя категорное обобщение понятие группы можно определить групповые объекты в категории при условии, что в ней есть конечные произведения. В частности, этот подход позволяет сформулировать общий результат, из которого, в частности, следует, что фундаментальная группа группы в гомотопической категории абелева. Также большую роль в топологии играют когруппы - двойственное к группам понятие.

8. Пределы и копределы, их частные случаи: декартовы и кодекартовы квадраты, уравнители и коуравнители, прямые и обратные пределы. Примеры для разных категорий.

Очень важное применение теории категорий для различных конкретных разделов математики - формулировка общего понятия предела и копредела. Это чрезвычайно глубокие обобщения разных конструкций, включающие ядра и коядра, множество неподвижных точек и фактор по действию группы, прямые и обратные пределы и т.д.

9. Сопряженные функторы, их свойства. Единица и коединица сопряжения. Примеры сопряженных функторов.

Приводятся эквивалентные условия сопряженности функторов, а также примеры последних. Доказываются важнейшие свойства сопряженных функторов (левый сопряженный сохраняет копределы, а правый - пределы), позволяющие дать общие доказательства ряда фундаментальных результатов (например, что функтор тензорного произведения точен справа).

10. Свойства категории модулей над кольцом. Аддитивные и абелевы категории.

Категория модулей над кольцом является примером абелевой категории, причем как показывает теорема Фрейда, достаточно общим. Абелевы категории формализуют свойства категории модулей, такие как существование ядер и коядер и теорему о гомоморфизме, понятие точной последовательности. Они дают контекст для развития классической гомологической алгебры.

11. Точность слева функтора Hom , точность справа функтора тензорного произведения. Идея производного функтора.

Аддитивность (левого и правого) сопряженного функтора между абелевыми категориями. Доказательство того, что левый сопряженный точен справа, а правый сопряженный --- слева. Сопряженность тензорного произведения и Hom . Идея производного функтора.

12. Цепные комплексы модулей, их цепные отображения. Гомологии цепного комплекса. Точные последовательности. Точная последовательность гомологий, ассоциированная с короткой точной последовательностью цепных комплексов.

В этом разделе определяется категория цепных комплексов, то есть определяются цепные комплексы модулей, их цепные отображения. Гомологии цепного комплекса. Точные последовательности. Доказательство точности последовательности гомологий, ассоциированной с короткой точной последовательностью цепных комплексов.

13. Цепные гомотопии, стягивающая гомотопия. Гомотопические и слабые эквивалентности цепных комплексов. Конус морфизма комплексов.

Вводится важная гомотопическая категория цепных комплексов, а также теоретико-гомотопическое коядро морфизма комплексов — конус. Это должно подготовить студентов к построению в дальнейшем производной категории, а также является примером триангулированной категории. Доказывается, что конус морфизма ацикличен (стягиваем) тогда и только тогда, когда морфизм — квазиизоморфизм (гомотопическая эквивалентность).

14. Дальнейшие свойства категории цепных комплексов: тензорное произведение и внутренний hom .

Вводятся понятия тензорного произведения и комплекса морфизмов цепных комплексов и доказывается, что категория цепных комплексов является замкнутой моноидальной категорией. Вычисляются гомологии комплекса морфизмов.

15. Проективные и инъективные модули, их характеристика. Доказательство того, что любой модуль является фактормодулем проективного и подмодулем инъективного. Критерий Бэра.

Вводятся важные понятия проективных и инъективных объектов, доказывается, что их достаточно много в категории модулей. Доказывается критерий инъективности Бэра.

16. Проективные и инъективные резольвенты, их единственность с точностью до гомотопии. Резольвента как функтор в гомотопическую категорию цепных комплексов.

Вводятся понятия проективных и инъективных резольвент. Показывается, что проективная резольвента - функтор в гомотопическую категорию комплексов.

17. Плоские модули, их характеристика и связь с проективными. Плоские резольвенты.

Проективные модули являются плоскими, но обратное, вообще говоря, не верно. Приводятся соответствующие примеры.

18. Производные функторы. Функторы Tor и Ext . Расширения модулей. Определение функтора Ext по Йонедэ.

С помощью проективных резольвент определяется понятие производного функтора для точного справа функтора. Определяются функторы Tor и Ext как производные для функторов тензорного произведения на модуль и функтора Hom , доказывается их независимость от выбора резольвенты. Описывается связь функтора Ext с расширениями модулей.

19. Гомологическая размерность, примеры ее вычислений. Категории гомологической размерности 0 и 1.

Гомологическая размерность --- важнейшая численная характеристика абелевой категории, характеризующая сложность ее производной категории. Она, в частности, объясняет причину появления жордановых клеток в линейной алгебре, в то время как теория представлений конечных групп (над полями нулевой характеристики) концептуально проста. В качестве примера мы вычисляем гомологическую размерность категории модулей над кольцом многочленов от n переменных над полем (используя резольвенту Кошуля).

20. Когомологии групп. Бар-резольвента. Интерпретация когомологий в малых размерностях. Когомологии Галуа.

Определяются когомологии групп, строится бар-резольвента, позволяющая (в принципе) их вычислять. Описывается связь вторых когомологий группы G с коэффициентами в G -модуле A с расширениями группы G с помощью A . Также рассматриваются применения когомологий Галуа к задачам теории чисел (группа Брауэра и т. д.).

21. Резольвенты для вычислений когомологий групп, имеющие геометрическое происхождение. Классифицирующие пространства групп.

Приводится топологическая интерпретация когомологий групп. Более точно, по показывается, как по свободному действию группы G на стягиваемом клеточном пространстве получается свободная резольвента Z над ZG . В качестве примера рассматривается действие Z_2 на бесконечномерной сфере (с клеточной структурой, имеющей по две клетки в каждой размерности).

22. Когомологии Хохшильда. Связь с деформациями алгебр.

Определяются когомологии Хохшильда алгебры и описывается связь ее ассоциативных деформаций со вторыми когомологиями Хохшильда, а также гомологии Хохшильда и их связь с дифференциалами (в коммутативном случае).

23. Пучки абелевых групп. Ядра, коядра, точные последовательности пучков. Пучок, ассоциированный с предпучком.

Предпучки и пучки --- важные понятия в современном подходе к геометрии, в частности, в получении глобальных инвариантов геометрических объектов. Определяется шифификация предпучков как левый сопряженный к функтору, сопоставляющему пучку соответствующий ему предпучок, дается также явная конструкция шифификации.

24. Когомологии пучков.

Пучки абелевых групп над топологическим пространством дают важнейший пример абелевых категорий. Определение коядра гомоморфизма пучков отличается от аналогичного определения для предпучков, что приводит к нетривиальной теории когомологий пучков, так как функтор глобальных сечений оказывается точен только слева. Прямые и обратные образы пучков - важные примеры сопряженных функторов.

25. Локализация категорий. Идея производной категории.

Производная категория --- правильная гомотопическая категория для категории комплексов. Она определяется с помощью универсального свойства относительно класса квазиизоморфизмов - аналога слабых эквивалентностей в топологии. Дается конструкция локализации категории, условия Ore. Дается описание морфизмов в производной категории с помощью классов эквивалентности домиков (при выполнении условий Ore).

26. Проверка условий Ore для класса квазиизоморфизмов в гомотопической категории комплексов.

Доказывается, что класс квазиизоморфизмов в гомотопической категории комплексов удовлетворяет условиям Ore, что дает простое описание соответствующей локализации. Доказывается, что соответствующая локализация эквивалентна производной категории.

27. Ext-ы как Hom-ы в производной категории. Эквивалентность ограниченной справа производной для абелевой категории гомотопической категории комплексов проективных объектов.

По расширению модулей строится морфизм в производной категории и показывается, используя определение Ext по Йонедэ, что так получается изоморфизм между группами морфизмов в производной категории и группами Ext. Далее понятие проективной резольвенты обобщается на комплексы и доказывается, что ограниченная справа производная категория (при условии того, что в исходной абелевой категории достаточно много проективных объектов) эквивалентна гомотопической категории ограниченных справа комплексов из проективных членов.

28. Аксиоматика триангулированных категорий. Универсальное свойство производного функтора.

Производная категория для абелевой категории является аддитивной, но (за исключением тривиальных случаев) не является абелевой. Она имеет другую интересную структуру --- является триангулированной категорией. Мы описываем соответствующую аксиоматику и намечаем доказательства триангулированности производной категории. Кроме того, понятие производной категории позволяет ввести общее понятие производного функтора, который несет, вообще говоря, больше кохомологической информации чем классические производные функторы (которые получаются из него взятием кохомологий). Мы формулируем универсальное свойство соответствующих тотальных производных функторов.

29. Спектральные последовательности. Спектральная последовательность фильтрованного комплекса. Двойные комплексы и их спектральные последовательности.

Приводятся определения и конструкции спектральных последовательностей фильтрованного и двойного комплексов.

30. Примеры вычислений со спектральными последовательностями.

Рассматриваются несколько примеров спектральных последовательностей (например, последовательность Гротендика для вычисления производных функторов композиции двух функторов), которые далее применяются для вычислений.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Группы Ли и алгебры Ли

Цель дисциплины:

дать студентам знания в актуальной области современной математики.

Задачи дисциплины:

освоить понятия группы Ли и алгебры Ли.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

такие алгебраические структуры, как ассоциативная алгебра, алгебра Ли, топологическая группа и группа Ли.

уметь:

классифицировать алгебры Ли малых размерностей.

владеть:

базовыми понятиями теории групп и алгебр Ли.

Темы и разделы курса:

1. Понятия алгебры Ли и группы Ли

1. Алгебры Ли и ассоциативные алгебры. Примеры. Построение алгебры Ли по ассоциативной алгебре. Алгебра Ли $\text{Der}(A)$ дифференцирований ассоциативной алгебры. Матрицы Паули.

2. Метрические и топологические пространства. База топологии. Непрерывное отображение. Гомеоморфизм. Метризуемость топологического пространства.

3. Многообразия, топологические группы и группы Ли. Примеры. Локально евклидовы группы и пятая проблема Гильберта.

2. Построение алгебры Ли. Группы Ли

1. Построение алгебры Ли группы Ли с помощью билинейной вектор-функции $\Psi(x, y)$. Касательное пространство к группе Ли в нейтральном элементе. Построение алгебры Ли с помощью коммутатора гладких векторных полей. Геометрический смысл алгебры Ли. Алгебра Ли группы Ли $[[GL]]_n(\mathbb{R})$.

2. Подмногообразие, подгруппа Ли. Группа Ли G_A преобразований, сохраняющих инвариантной невырожденную билинейную форму $A(x, y)$, и ее алгебра Ли.

3. Классификация классических комплексных и действительных групп и алгебр Ли. Группа Лоренца.

3. Представления групп Ли и алгебр Ли

1. Инфинитезимальный метод в теории представлений групп Ли. Аналитичность представления однопараметрической подгруппы. Соответствие между элементами алгебры Ли и однопараметрическими подгруппами в G . Экспоненциальное отображение.

2. Представление алгебры Ли. Соответствие между представлениями групп Ли и алгебр Ли. Дифференциал представления и его свойства.

4. Классификация групп Ли и алгебр Ли на основе присоединенного представления

1. Присоединенное представление группы Ли и ее алгебры Ли. Примеры представлений и их простейшие свойства. Соответствие нормальная подгруппа \leftrightarrow идеал. Классификация алгебр Ли на основе присоединенного представления.

2. Разрешимые и нильпотентные группы и алгебры Ли. Вклад Абеля в теорию алгебраических уравнений. Критерий разрешимости. Разрешимость динамической системы в квадратурах. Теорема Ли и следствия из нее. Теорема Энгеля. Билинейная форма Киллинга и ее свойства. Критерии нильпотентности и полупростоты алгебры Ли.

3. Приложения теории представлений групп Ли в физике.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Диаграммная техника

Цель дисциплины:

- формирование базовых знаний по методам теории поля в системах многих частиц для дальнейшего использования в различных областях теории конденсированного состояния; формирование математических навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся базовых знаний по методам функций Грина в многочастичных системах;
- формирование умения использовать основы математического аппарата теории поля;
- формирование умений и навыков применять полученные знания для решения конкретных задач теории конденсированного состояния.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- представление вторичного квантования;
- определение функций Грина;
- правила построения диаграммной техники для различных взаимодействий;
- связь температурных функций Грина с функциями отклика.

уметь:

- вычислять средние от набора операторов во вторичном квантовании;
- выразить физические величины через функции Грина;
- использовать диаграммную технику для решения конкретных задач;
- использовать различные виды уравнения Дайсона для решения задач.

владеть:

– математическим аппаратом диаграммной техники.

Темы и разделы курса:

1. Основы квантовой статистики.

Вычисление термодинамических средних в квантовой теории. Матрица плотности Гиббса. Средние от операторов наблюдаемых. Вычисление матрицы плотности для многочастичной системы. Изменение матрицы плотности при возмущении системы. Вычисление изменений по теории возмущений. Что такое диаграммная техника. Разные типы диаграммных техник, их связь между собой.

2. Оператор эволюции в температурной технике.

Представление взаимодействия в температурной технике. Появление дополнительного параметра – "мнимого времени". Уравнение для оператора эволюции по "мнимому времени". Решение уравнения по теории возмущений. Понятие T-упорядочения операторов. Представление оператора эволюции в виде T-упорядоченной экспоненты. Теорема Вика в операторной форме. Разбиение средних от большого числа операторов на попарные средние. Правила перестановки операторов. Определение функций Грина.

3. Функции Грина.

Функции Грина для невзаимодействующего газа ферми- и бозе-частиц. Прямое вычисление функций Грина. Отличие свойств функций Грина для ферми- и бозе- систем. Представление ряда теории возмущений для функций Грина с помощью диаграмм. Правила сопоставления диаграммам определенных аналитических выражений для различных возмущений: внешнее поле, взаимодействие между частицами. Температурная диаграммная техника (техника Мацубары).

4. Построение диаграммных рядов.

Связные и несвязные диаграммы. Появление связных и несвязных частей диаграмм. Сокращение суммы несвязных диаграмм при вычислении термодинамических средних физических величин. Уравнение Дайсона. Выделение из общего ряда теории возмущений приводимых и неприводимых диаграмм. Частичное суммирование бесконечного ряда – уравнение Дайсона. Примеры построения диаграммной техники. Правила построения диаграммной техники в фурье представлении. Вид диаграмм, когда к системе приложено внешнее поле и когда есть взаимодействие между частицами.

5. Примеры вычислений в температурной диаграммной технике.

Вычисление намагниченности свободного электронного газа. Особенности интегралов по импульсу и конечная плотность состояний. Двухчастичные функции Грина. Определение температуры сверхпроводящего перехода как температуры расходимости вершины взаимодействия двух частиц.

6. Использование температурной техники для вычисления функций отклика.

Вычисление изменений физических величин и функций Грина от времени. Общие соотношения между флуктуациями в системе и линейными функциями отклика. Методы вычисления функций отклика с использованием температурной техники. Правила аналитического продолжения в частотном представлении.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Диаграммные методы

Цель дисциплины:

– ознакомить студентов с современными методами теории конденсированного состояния и одновременно обсудить ряд конкретных физических явлений. В ходе занятий обсуждаются задачи, иллюстрирующие различные методы, основанные на диаграммной технике для функций Грина. Эти методы применяются в задачах по актуальным разделам физики многочастичных систем, таким как теория Ферми-жидкости, неупорядоченные системы, сверхпроводимость.

Задачи дисциплины:

-познакомить студентов с основными понятиями и идеями в этой области, с постановкой задач и подходами к их решениям. Предполагается, что, прослушав этот курс, студенты смогут читать и понимать текущую научную периодику в этой области.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия по теме дисциплины.

уметь:

- пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования, решать задачи по теме дисциплины.

владеть:

- математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

Темы и разделы курса:

1. Квазичастицы.

Элементарные возбуждения в квантовой Ферми-жидкости.

Вторичное квантование.

Канонические преобразования.

2. Функция Грина Ферми- и Бозе-систем при нулевой температуре.

Представление взаимодействия.

Хронологическое упорядочение.

Функция Грина макроскопической системы.

Физический смысл полюсов.

Аналитические свойства функции Грина.

3. Основные принципы диаграммной техники.

Взаимодействующие частицы.

Теорема Вика.

Диаграммы Фейнмана для различных видов возмущения.

Диаграммная техника в координатном и импульсном пространстве.

Блочное суммирование диаграмм.

Уравнение Дайсона.

Вершинная часть.

Двухчастичная функция Грина.

Уравнение Бете-Солпитера.

4. Идеальный Ферми-газ.

Функция Грина идеального Ферми-газа.

Электроны на Ферми-поверхности.

Электрон-дырочная симметрия.

Формула Кубо.

5. Электрон-фононное взаимодействие.

Гамильтониан электрон-фононного взаимодействия.

Гамильтониан Фрелиха.

Фононная функция Грина.

Теория Мигдала.

Время жизни квазичастиц.

Перенормировка электронного спектра.

Отсутствие перенормировки вершины.

Перенормировка скорости звука.

Пайерлсовская неустойчивость.

6. Диаграммная техника при конечной температуре.

Мацубаровское время.

Мацубаровская функция Грина.

Дискретные частоты.

Правила Фейнмана для мацубаровской диаграммной техники.

Метод аналитического продолжения.

7. Теория Ферми-жидкости.

Квазичастицы.

Функционал Ландау.

Кинетическое уравнение.

Коллективные возбуждения.

Свойства вершинной части при малой передаче импульса.

8. Электроны в случайном потенциале. Усреднение по беспорядку.

Диаграммная техника для усреднения по беспорядку.

Диаграммы без самопересечений.

Усреднение функций отклика.

Проводимость электронного газа.

Уравнение диффузии.

Квантовая поправка к проводимости.

9. Микроскопическая теория сверхпроводимости.

Диаграммная техника для теории БКШ.

Рассеяние в куперовском канале, куперовская лестница.

Функции Грина сверхпроводника.

Основные уравнения для сверхпроводника.

Сверхпроводник в электромагнитном поле.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Дифференциальная геометрия

Цель дисциплины:

Изучение основ дифференциальной геометрии и топологии в объеме, необходимом будущим физикам-теоретикам.

Задачи дисциплины:

Сформировать представление о дифференциальной геометрии и топологии. Обучить студентов основным методам решения задач по этому разделу, связанных с проблемами теоретической физики.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основы дифференциальной геометрии и топологии

уметь:

вычислять основные геометрические и топологические характеристики в базовых случаях

владеть:

методами решения задач по дифференциальной геометрии и топологии

Темы и разделы курса:

1. Линейная алгебра

Обзор основных понятий линейной алгебры. Тензорная алгебра, симметрические и кососимметрические тензоры, операции с тензорами, кольца, дифференцирования, симметрическая и внешняя алгебра, коммутативные градуированные кольца.

2. Координаты, замены координат. Многообразия

Замены координат в (области в) R^n , касательные векторы, векторные и тензорные поля. Многообразия, касательное расслоение, векторные и тензорные поля, операции с ними.

Дифференциальные операторы, векторные поля и касательные расслоения, гладкие отображения и диффеоморфизмы.

3. Гладкие отображения, диффеоморфизмы

Гладкие отображения, диффеоморфизмы.

4. Векторные поля и инфинитезимальные диффеоморфизмы

Инвариантные относительно диффеоморфизмов операции и дифференциальные операторы, обратный образ ковариантных тензорных полей, инфинитезимальные диффеоморфизмы и векторные поля.

5. Подмногообразия

Распределения в касательном расслоении, условие интегрируемости, теорема Фробениуса, касательное пространство к подмногообразию, индуцированная метрика, распределения в касательном расслоении, вполне интегрируемость и инволютивность, голономный и неголономный репер.

6. Комплекс де Рама, локальная теория

Комплекс де Рама, локальная теория.

7. Интегрирование дифференциальных форм

Интегрирование дифференциальных форм по подмногообразиям. Теорема Стокса.

8. Комплекс де Рама, глобальная теория

Комплекс де Рама глобальная теория, лемма Пуанкаре, действие диффеоморфизмов.

9. Векторные расслоения

Определение и примеры векторных расслоений. Основные конструкции расслоений, изоморфизм расслоений, тривиальные и нетривиальные расслоения, сечения векторных расслоений, выбор локальной тривиализации, касательное и кокасательное расслоения, операции с векторными расслоениями, подрасслоения.

10. Гомотопические группы

Определения, примеры вычислений, применение в теории векторных расслоений, гомотопические группы и векторные расслоения, комплексные расслоения, главное расслоение, ассоциированные расслоения, примеры расслоений, как из векторного расслоения получить главное.

11. Связность в расслоении

Связность, параллельный перенос кривизна связности, упорядоченная экспонента. Группа голономии, локальная и глобальная. Плоская связность. Связность в главном расслоении, связность в ассоциированном расслоении.

12. Риманова геометрия

Функционалы действия в теории поля на римановом многообразии. Оператор Лапласа. Псевдориманова геометрия.

13. Метрическая форма объёма

Метрика, геодезические, изометрии, векторы Киллинга.

14. Метрическая связность. Кручение и кривизна

Оператор ковариантной производной, спин-связность и символ Кристоффеля. Тензор Римана, тождества Риччи и Бьянки.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Дифференциальные уравнения

Цель дисциплины:

ознакомление слушателей с основами дифференциальных уравнений и подготовка к изучению других математических курсов – теории функций комплексного переменного, уравнений математической физики, оптимизации и оптимального управления, функционального анализа и др.

Задачи дисциплины:

- приобретение слушателями теоретических знаний и практических навыков в области решения простейших дифференциальных уравнений, линейных дифференциальных уравнений и систем, задач вариационного исчисления, исследования задач Коши, исследовании особых решений, построения и исследования фазовых траекторий автономных систем, нахождения первых интегралов и решения с их помощью нелинейных систем и уравнений в частных производных, решения линейных уравнений и систем с переменными коэффициентами;
- подготовка слушателей к изучению смежных математических дисциплин;
- приобретение навыков в применении методов дифференциальных уравнений в физике и других естественнонаучных дисциплинах.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Простейшие типы дифференциальных уравнений, методы понижения порядка дифференциальных уравнений.

Основные формулы общего и частного решения линейных систем и уравнений с постоянными коэффициентами, определение и свойства матричной экспоненты.

Условия существования и единственности решения задачи Коши для нормальных систем дифференциальных уравнений и для уравнения n -го порядка в нормальном виде, характер зависимости решений от начальных условий. Понятие особого решения.

Постановку задач вариационного исчисления.

Основные понятия и свойства фазовых траекторий автономных систем, классификацию положений равновесия линейных автономных систем второго порядка.

Понятие первого интеграла нелинейных систем дифференциальных уравнений, их применение для решений уравнений в частных производных первого порядка, условия существования и единственности решения задачи Коши для уравнения в частных производных первого порядка.

Структуру общего решения линейных систем с переменными коэффициентами, свойства определителя Вронского, формулу Лиувилля-Остроградского. Свойства нулей решений дифференциальных уравнений второго порядка (теорема Штурма).

уметь:

Решать простейшие дифференциальные уравнения, применять методы понижения порядка.

Решать линейные уравнения и системы с постоянными коэффициентами, применять матричную экспоненту к решению систем линейных уравнений с постоянными коэффициентами.

Исследовать задачу Коши. Находить особые решения уравнения первого порядка, не разрешенного относительно производной.

Исследовать различные задачи вариационного исчисления.

Находить положения равновесия, строить линеаризованные системы в окрестности положений равновесия, определять тип положения равновесия и строить фазовые траектории линейных систем второго порядка.

Находить первые интегралы систем дифференциальных уравнений, применять их для решения простейших нелинейных систем. Решать линейные уравнения в частных производных первого порядка.

Применять формулу Лиувилля-Остроградского и метод вариации постоянных для решения уравнений второго порядка с переменными коэффициентами. Исследовать свойства решений дифференциальных уравнений второго порядка с помощью теоремы Штурма.

владеть:

Логическим мышлением, методами доказательств математических утверждений.

Навыками решения и исследования дифференциальных уравнений и систем в математических и физических приложениях.

Умением пользоваться необходимой литературой.

Темы и разделы курса:

1. Простейшие типы дифференциальных уравнений

Основные понятия. Простейшие типы уравнений первого порядка: уравнения с разделяющимися переменными, однородные, линейные, уравнения в полных дифференциалах. Интегрирующий множитель. Метод введения параметра для уравнения первого порядка, не разрешенного относительно производной. Методы понижения порядка

дифференциальных уравнений. Использование однопараметрических групп преобразований для понижения порядка дифференциальных уравнений.

2. Линейные дифференциальные уравнения и системы с постоянными коэффициентами

Формула общего решения линейного однородного уравнения n -го порядка. Отыскание решения линейного неоднородного в случае, когда правая часть уравнения является квазимногочленом. Уравнение Эйлера. Исследование краевых задач для линейного уравнения второго порядка (в частности, при наличии малого параметра при старшей производной). Формула общего решения линейной однородной системы уравнений в случае простых собственных значений матрицы коэффициентов системы. Теорема о приведении матрицы линейного преобразования к жордановой форме (без доказательства). Формула общего решения линейной однородной системы в случае кратных собственных значений матрицы коэффициентов системы. Отыскание решения линейной неоднородной системы в случае, когда свободные члены уравнений являются вектор-квазимногочленами. Матричная экспонента и ее использование для получения формулы общего решения и решения задачи Коши для линейных однородных и неоднородных систем. Преобразование Лапласа и его применение к решению линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами.

3. Элементы вариационного исчисления

Основные понятия. Простейшая задача вариационного исчисления. Задача со свободными концами; задача для функционалов, зависящих от нескольких неизвестных функций, и задача для функционалов, содержащих производные высших порядков. Изопериметрическая задача. Задача Лагранжа.

4. Исследование задачи Коши

Теорема существования и единственности решения задачи Коши для нормальных систем дифференциальных уравнений и для уравнения n -го порядка в нормальном виде. Теорема о продолжении решений нормальных систем. Характер зависимости решения задачи Коши от параметров и начальных данных: непрерывность, дифференцируемость. Задача Коши для уравнения первого порядка, не разрешенного относительно производной. Особые решения.

5. Автономные системы дифференциальных уравнений

Основные понятия и свойства фазовых траекторий. Классификация положений равновесия линейных автономных систем уравнений второго порядка. Характер поведения фазовых траекторий в окрестности положения равновесия автономных нелинейных систем уравнений второго порядка. Устойчивость и асимптотическая устойчивость положения равновесия автономной системы. Достаточные условия асимптотической устойчивости.

6. Первые интегралы и линейные однородные уравнения в частных производных первого порядка

Основные понятия и свойства фазовых траекторий. Классификация положений равновесия линейных автономных систем уравнений второго порядка. Характер поведения фазовых траекторий в окрестности положения равновесия автономных нелинейных систем уравнений второго порядка. Устойчивость и асимптотическая устойчивость положения равновесия автономной системы. Достаточные условия асимптотической устойчивости.

7. Линейные дифференциальные уравнения и линейные системы дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами

Теорема существования и единственности решения задачи Коши для нормальных линейных систем уравнений и для уравнения n -го порядка в нормальном виде. Фундаментальная система и фундаментальная матрица решений линейной однородной системы уравнений. Структура общего решения линейной однородной и неоднородной системы уравнений. Определитель Вронского. Формула Лиувилля-Остроградского. Метод вариации постоянных для линейной неоднородной системы уравнений. Следствия для линейных уравнений n -го порядка. Теорема Штурма и следствия из нее.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Дополнительные главы вычислительной физики

Цель дисциплины:

Изучение наиболее типичных численных методов, применяющихся в электродинамике сплошных сред, волновой оптике, квантовой механике и ряде других дисциплин.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся базовых знаний по постановкам начально-краевых задач для уравнений Максвелла и Шредингера, пригодных для применения численных методов;
- изучение основных принципов построения конечно-разностных, спектральных и конечно-элементных аппроксимаций задач для уравнений математической физики;
- изучение основных результатов теории численных методов, специфических для задач волновой физики;
- формирование знаний по основным численным алгоритмам, применяющимся для решения систем дискретных уравнений.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные постановки начально-краевых задач для уравнений Максвелла и Шредингера;
- построение дискретных аппроксимаций краевых задач, условия устойчивости разностных схем;
- быстрые алгоритмы конечных интегральных преобразований Фурье и свертки;
- метод расщепления по физическим процессам;
- численные методы расчета полей в оптических волноводах и решения аналогичных задач квантовой механики;
- экономичные методы решения многомерных задач для уравнений теплопроводности и Шредингера;
- методы крыловского подпространства для частичной проблемы собственных значений;
- итерационные методы решения линейных алгебраических систем, схемы с предобуславливанием.

уметь:

- конструировать неотражающие граничные условия для волновых уравнений;
- применять алгоритмы быстрого преобразования Фурье для численных расчетов, использующих аппарат рядов и интегралов Фурье;
- анализировать устойчивость конечно-разностных схем спектральным методом фон Неймана;
- разделять электромагнитное поле в волноведущих структурах на поля ТЕ и ТМ типов.

владеть:

- аппаратом численных методов решения краевых задач и задач на собственные значения для уравнений Максвелла, Шредингера, Гельмгольца, акустики и теплопроводности.

Темы и разделы курса:**1. Нестационарные задачи теории волн.**

Уравнения классической электродинамики. Аналогии с акустическими колебаниями и колебаниями струн и мембран.

Постановки начально-краевых задач.

Проблема конструирования неотражающих граничных условий. Неотражающие условия типа PML.

Разностная схема для уравнений Максвелла в одномерной геометрии и эквивалентная схема для волнового уравнения. Порядок аппроксимации.

Устойчивость конечно-разностных схем. Условие Куранта-Фридрихса-Леви. Аппроксимация начальных условий.

Разностная схема Yee для уравнений Максвелла в многомерном случае.

2. Распространение узконаправленных волновых пучков.

Приближение скалярной теории дифракции для слабо-неоднородных сред и узконаправленных волновых пучков. Параболическое волновое уравнение (уравнение Шредингера).

Точные решения для распространения пучков в вакууме. Интеграл Френеля-Кирхгофа. Гауссовы пучки. Поле в дальней зоне.

Быстрые алгоритмы конечных интегральных преобразований: БПФ, быстрая конечная свертка и быстрое z-преобразование.

Спектральный метод решения параболического уравнения в вакууме. Прямое вычисление интеграла Френеля-Кирхгофа. Расчет поля в дальней зоне с помощью быстрого z-преобразования.

3. Методы конечных разностей и конечных элементов для уравнения Шредингера.

Метод конечных разностей. Различия в устойчивости разностных схем для уравнений теплопроводности и Шредингера. Метод прогонки для линейных систем с трехдиагональной матрицей.

Метод конечных элементов для уравнения Шредингера.

Численные методы для задачи распространения пучков в среде. Метод расщепления по процессам дифракции и усиления-рефракции. Конечно-разностные схемы для распространения в среде. Поглощающие граничные условия и неотражающие условия типа PML.

4. Распространение излучения в оптических волноводах.

Волновое описание оптических волноводов. Полная векторная модель, полувекторное и скалярное приближения. Аналогии с задачей квантовой механики о частице в потенциальном поле.

Параболическое приближение и аппроксимация Паде для распространения излучения в волноводе.

Разностные схемы для расчета распространения излучения в волноводе.

Численное решение задачи о нормальных модах в 2-мерном волноводе.

5. Экономичные методы решения многомерных задач.

Метод БПФ для многомерного уравнения Пуассона, комбинирование БПФ и прогонки.

Экономичные методы решения многомерных задач для уравнений теплопроводности и Шредингера. Метод переменных направлений и метод суммарной аппроксимации.

6. Методы крыловского подпространства для задач линейной алгебры большой размерности.

Методы Арнольди и Ланцоша для частичной проблемы собственных значений.

Метод обратных итераций со сдвигом на примере задачи нахождения группы волноводных мод с наименьшими собственными значениями.

Итерационные методы решения линейных алгебраических систем. Схемы с предобуславливанием.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Дополнительные главы квантовой механики

Цель дисциплины:

изучение фундаментальных и прикладных достижений квантовой механики последних лет и десятилетий, их связи с основными понятиями (постулатами), освещение имеющихся проблем квантовой механики.

Задачи дисциплины:

- закрепление студентами базовых понятий квантовой механики, полученных по программе теоретической физики: уравнение Шредингера, волновая функция, принцип суперпозиции, интерференция и др.;
- освоение студентами базовых знаний: перепутанные (переплетенные) состояния, роль наблюдателя, коллапс волновой функции, декогеренция, непрерывные и нечёткие измерения, теоремы о невозможности, двойственность взаимоотношений классической и квантовой механики;
- освоение студентами базовых знаний по теории квантовых вычислений: общей схемы работы квантового компьютера, структуры некоторых квантовых алгоритмах (алгоритма Дойча-Джоза, Гровера, Шора), основными идеями построения помехозащищённых квантовых кодов, адиабатической моделью квантовых вычислений, основными подходами к построения квантовых алгоритмов, предназначенных для решения задач квантовой химии;
- приобретение студентами знаний об экспериментальной проверке тех основ квантовой механики, с которыми не могли примириться Эйнштейн, Шредингер и др., в частности, об экспериментальной проверке отсутствия парадокса Эйнштейна-Подольского-Розена (ЭПР) и существования ЭПР-пар, выполнения неравенства Белла;
- изучение студентами современных практических применений «парадоксальных» результатов квантовой механики: передача информации, квантовая криптография, квантовый компьютер;
- освоение студентами базовых знаний для дальнейшего изучения квантовых подходов в современной физике.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- аксиоматику квантовой механики;
- интерференцию одиночных больших молекул на дифракционных решетках;
- теорию декогеренции;
- белловские состояния;
- основы теории нечётких и непрерывных квантовых измерений;
- идею квантовой телепортации;
- идею классической и элементы квантовой криптографии;
- идею квантового компьютера;
- основные подходы к построению квантовых алгоритмов, предназначенных для решения задач квантовой химии;
- квантовый механизм действия рецептора обоняния.

уметь:

- объяснять парадоксы Эйнштейна-Подольского-Розена (ЭПР) и кошки Шрёдингера;
- использовать переплетённые (entangled) парные состояния ЭПР;
- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических сред и процессов в них;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента.

владеть:

навыками научного мышления на примере девятистолетней истории безуспешных попыток поставить под сомнение постулаты квантовой механики.

Из воспоминаний моего школьного одноклассника. "Я с большим интересом думаю — как это нашим учителям удавалось так здорово нас учить? Ведь мы же были обыкновенные дети, ну, допустим, не самые бездарные, но и ленивые, и хулиганистые, и вообще — обыкновенные. Мне кажется, что их успех определялся тем, что главное, чему они нас учили — это думать и работать. Не столько своим предметам, сколько именно искусству думать и работать, и только через это — алгебре, литературе и всему прочему".

Темы и разделы курса:

1. Направления развития и вызовы квантовой механики.

Камень преткновения – постулат коллапса волновой функции. Эволюция взглядов на копенгагенскую интерпретацию. Другие интерпретации. Как понимать квантовую механику. Направления развития квантовой механики.

2. Принцип суперпозиции. Когерентность. Интерференция одиночных больших молекул на дифракционных решетках.

Профили Бойтлера-Фано. Автоионизация. Дифракция одиночных частиц. Интерференция на щели во времени. Некогерентная и когерентная смеси. Кубиты. Операции с кубитами. Общие результаты для интерференция одиночных больших молекул на дифракционных решетках. Влияние давления остаточного газа. Влияние температуры молекул.

3. Перепутанные (entangled) состояния.

Парадокс Эйнштейна–Подольского–Розена. Парадокс “кошки” Шредингера. Перепутание по Бому. Пары Эйнштейна–Подольского–Розена. Мера перепутания: число Шмидта и параметр Фёдорова.

4. Представления о декогеренции.

Аппарат матриц плотности. Представление Гейзенберга. Концепция декогеренции. Квантовый ластик. Динамика процесса декогеренции. Неоднозначность выбора базисных состояний. Теорема о единственности. Решает ли декогеренция проблему квантовых измерений.

5. Нечёткие и непрерывные измерения.

Селективные и неселективные измерения. Непрерывно измеряемые системы. Эффект Зенона. Нечёткие однократные измерения. Нечёткие непрерывные измерения.

6. Неравенство Белла.

Принципиальная схема установки по проверке неравенства Белла. Преобразование в одном плече. Квантовые корреляции. Корреляции в теории со скрытыми параметрами. Экспериментальная проверка.

7. Квантовая телепортация.

Квантовая телепортация поляризованного состояния фотона. Эксперимент. Интерпретация. Вентильная схема. Прорыв в будущее.

8. Теоремы о невозможности в квантовой механике.

Неклонированность и её следствия. Невозможность удаления квантовой информации. Невозможность сверхсветовой передачи сигнала с помощью квантовых корреляций.

9. Квантовая связь.

Код Вернама. Элементы квантовой криптографии. Квантовое распределение ключа с одиночными частицами. Квантовое распределение ключа с помощью ЭПР-пар. Перспективы.

10. Квантовый компьютер.

Общая схема квантового компьютера. Алгоритмы чёрного ящика ("оракульные"). Алгоритм Дойча, Гровера и Шора. Пороговая теорема. Общая схема адиабатического квантового компьютера. Универсальность и эффективность адиабатических квантовых вычислений.

11. Квантовые симуляторы.

Общая идея квантового симулятора. Формулировка задачи квантовой химии в представлении вторичного квантования. Преобразование Йордана-Вигнера и Бравого-Китаева. Разложение Сузуки-Троттера. Квантовый алгоритм оценки фазы. Вариационные алгоритмы. Использование адиабатических квантовых вычислений при построение квантовых симуляторов.

12. Начала квантовой биологии.

Психофизический параллелизм фон Неймана. Эмпирический механизм обоняния. Неупругое туннелирование электрона с колебательным возбуждением одоранта. Квантовый механизм действия рецепторов некоторых других органов чувств. Нервный импульс как распространение волновой функции. Двойственность взаимоотношений классической и квантовой механики. Предельный случай при $\hbar \rightarrow 0$. Наблюдатель. Коллапс волновой функции как специфическое качество живого. Поворот к биологии.

13. Как понимать квантовую механику. Проблемы квантовой механики.

Новый подход к взгляду на мир. Самостоятельная область знаний. Проблемы дальнейшего развития квантовой механики по четырём направлениям: эксперимент, базовые представления, практические применения, связь с высшей нервной деятельностью.

14. Три 'великие' проблемы В.Л. Гинзбурга.

Возрастание энтропии, необратимость и "стрела времени"; проблема интерпретации и понимания квантовой механики; вопрос о связи физики с биологией и, конкретно, проблема редукционизма.

15. Взгляд в будущее научно-технического прогресса Неокопенгагенская парадигма.

Пытаемся дать ответ на вопрос, как должен ускориться научно-технический прогресс, если мир, действительно, вступает в новую парадигму, о которой в 2002 году сказал Э. Леггетт. Показано, какие горизонты открывает эта парадигма, какие области науки обеспечат новый подъём развития науки и технологии в ближайшие десятилетия.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Дополнительные главы квантовой теории поля

Цель дисциплины:

формирование базовых знаний по теории поля для дальнейшего использования в других областях теоретической и экспериментальной физики. Овладение техническими приёмами и методами расчётов электродинамических процессов с их последующим обобщением на другие теории поля. Знакомство и овладение техникой диаграмм Фейнмана.

Задачи дисциплины:

- ознакомление студента с базовыми принципами построения квантовой теории поля;
- получение практических навыков вычисления вероятностей различных физических процессов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- соответствующую терминологию и понятийный аппарат;
- быть в состоянии определить и пояснить основные понятия квантовой теории поля, такие как лагранжиан свободных и взаимодействующих полей, спектральное разложение оператора поля, хронологическое произведение операторов, матрица рассеяния, теорема Вика, пропагатор электромагнитного и электрон-позитронного полей, вероятность и сечение и т.п.

уметь:

изобразить диаграммы Фейнмана, отвечающие заданному процессу в лидирующем порядке по константе связи, написать по ним амплитуду, вычислить сечение процесса в древесном приближении. Изобразить диаграммы, отвечающие петлевым поправкам к древесному приближению, написать соответствующие матричные элементы, выделить расходящиеся части и установить степень расходимости. Используя подходящую схему регуляризации, выделить конечную часть матричного элемента.

владеть:

Диаграммной техникой Фейнмана, методами расчёта физических процессов в древесном приближении и учёта петлевых поправок к ним.

Темы и разделы курса:

1. Классическая электродинамика и введение в КЭД

Введение. Основы классической электродинамики: пространство Минковского, четырёхмерные векторы и их свёртки, метрика, уравнения Максвелла, калибровочная инвариантность, некоторые решения уравнений Максвелла, электромагнитная волна. Лагранжиан и тензор энергии-импульса электромагнитного поля. Принцип наименьшего действия и уравнения Максвелла в ковариантной форме.

2. Квантование электромагнитного поля

Квантование свободного электромагнитного поля. Продольные и скалярные фотоны. Коммутационные соотношения.

3. Электрон-позитронное поле

Лагранжиан, энергия и импульс электрон-позитронного поля. Глобальные и локальные калибровочные преобразования. Ковариантная производная и взаимодействие электрон-позитронного поля с электромагнитным полем. Уравнение Дирака. Некоторые решения уравнения Дирака. Водородоподобный атом.

4. Квантование электрон-позитронного поля

Свободное решение уравнения Дирака. Электронные и позитронные состояния. Море Дирака. Зарядовое сопряжение. Квантование электрон-позитронного поля. Антиккоммутационные соотношения операторов электрон-позитронного поля. Нормальное произведение операторов поля.

5. Инвариантная теория возмущений

S, P и T преобразования. Зарядовая и пространственная чётности полей. Теорема Берестецкого. СРТ-теорема. Квантовые числа системы фермиона и антифермиона. Представления операторов в квантовой механике и квантовой теории поля. Представление взаимодействия. Хронологическое произведение операторов поля. S-матрица, разложение S-матрицы в ряд по степеням взаимодействия. Постоянная тонкой структуры. Свёртки операторов полей. Теорема Вика. Теорема Фарри. Пропагаторы электромагнитного и электрон-позитронного полей.

6. Правила Фейнмана. Вероятности и эффективные сечения

Правила Фейнмана. Вывод формул для вероятности распада частицы и эффективного сечения двухчастичного рассеяния и рассеяния частицы на статическом центре. Мандельштамовские инварианты. Перекрёстная инвариантность. Оптическая теорема. Усреднение по проекциям спина электронов и поляризациям фотона. Фазовый объём.

7. Некоторые процессы квантовой электродинамики в древесном приближении

Рассеяние электрона во внешнем поле. Излучение мягких фотонов электроном в поле ядра. Теорема Лоу. Инфракрасная катастрофа и её устранение во всех порядках теории возмущений. Рассеяние фотона на электроне (комpton-эффект). Формула Томсона. Двухфотонная аннигиляция электрон-позитронной пары. Аннигиляция и время жизни орто- и парапозитрония. Рассеяние электрона на мюоне. Рассеяние электрона и позитрона на электроне. Аннигиляция электрон-позитронной пары в мюонную пару.

8. Теории поля отличные от КЭД

Массивное векторное поле. Уравнение Прока. Условие Лоренца. Нейтральное скалярное поле: тензор энергии-импульса, взаимодействие с фермионами, генерация фермионной массы. Заряженное скалярное поле: тензор энергии-импульса, оператор заряда, взаимодействие с электромагнитным полем. Взаимодействие скалярного (псевдоскалярного) поля с фермионами. Изоспин. Теории с калибровочной группой $SU(N)$. Поле Янга-Миллса. КХД.

9. Электродинамические процессы с участием адронов

Рассеяние фотона на точечной скалярной частице. Рассеяние электрона на точечной скалярной частице. Рассеяние электрона на протоне. Формфакторы протона. Аннигиляция электрон-позитронной пары в пару протон-антипротон и в адроны. Поведение отношения R (отношения сечений аннигиляции электрон-позитронной пары в адроны и в мюоны). Глубоконеупругое ер-рассеяние. Бьёркеновский скейлинг. Партоновая модель. Аксиальная аномалия. Двухфотонный распад пиона.

10. Высшие порядки теории возмущений в КЭД

Приводимые и неприводимые диаграммы. Компактные и некомпактные диаграммы. Уравнения Дайсона-Швингера для точных собственно-энергетических и вершинной частей в КЭД. Тождество Уорда в КЭД. Ультрафиолетовые расходимости в КЭД. Индекс расходимости диаграммы. Расходимость собственно-энергетических и вершинной частей.

11. Методы регуляризации. Вычисление петлевых диаграмм

Калибровочно-инвариантные методы регуляризации. Размерная регуляризация. Схема MS -bar. Вычисление поляризованного оператора в КЭД во втором порядке теории возмущений. Модификация закона Кулона на малых расстояниях. Аномальный магнитный момент электрона.

12. Введение в теорию перенормировок

Затраченные и перенормированные величины в перенормируемой теории. Перенормировочные Z -факторы в КЭД. Перенормируемость произвольной электродинамической амплитуды. Группа масштабных преобразований в КЭД (ренормгруппа). Уравнение Каллана-Симанзика. β -функция и асимптотическое поведение заряда в КЭД. Перенормировка теории $[[\lambda\phi]]_4$, β -функция теории $[[\lambda\phi]]_4$ в низшем порядке по константе связи λ . Спонтанное нарушение глобальной и локальной симметрии. Теорема Голдстоуна и эффект Хиггса. Потенциал Колмена-Вайнберга в теории $[[\lambda\phi]]_4$ и нарушение симметрии, индуцированное петлевыми поправками.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Дополнительные главы квантовой теории поля

Цель дисциплины:

ознакомление с методами решения задач в курсе КТП.

Задачи дисциплины:

предполагается, что параллельное посещение данного курса с курсом Квантовой теории поля, а также активное в нём участие позволит глубже изучить подходы в КТП; а после прослушивания - позволит самостоятельно применять эти методы в своей будущей научно-исследовательской работе

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия по теме дисциплины.

уметь:

- пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования, решать задачи по теме дисциплины.

владеть:

- математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

Темы и разделы курса:

1. Релятивистская квантовая механика

Анализ решений уравнения Дирака, уравнения Клейна-Гордона, уравнения Максвелла.

2. Каноническое квантование

Каноническое квантование теорий Дирака, Клейна-Гордона, Максвелла. Метод функции распространения.

3. Теория возмущений

Теория возмущений. Правила Фейнмана. Теорема Вика.

4. Амплитуды основных процессов КЭД

Амплитуды основных процессов КЭД. Комptonовское рассеяние.

5. Радиационные поправки

Радиационные поправки. Аномальный магнитный момент.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Дополнительные главы линейной алгебры, поля, группы

Цель дисциплины:

представить студентам младших курсов более широкий взгляд на линейную алгебру, чем это возможно в рамках обязательного курса, показать ее связи с другими разделами алгебры, дополнить обязательный курс линейной алгебры рядом тем, которые важны, но не находят там достаточного отражения (как то жорданова нормальная форма, тензорная алгебра, теория представлений).

Задачи дисциплины:

углубление слушателями знаний по линейной алгебре и изучение ими основ ряда дополнительных разделов алгебры.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные понятия и конструкции алгебры

уметь:

работать с группами, кольцами, полями, тензорами и тензорными алгебрами

владеть:

базовыми понятиями алгебры и продвинутыми методами линейной алгебры

Темы и разделы курса:

1. Основные алгебраические структуры (группы и их действия, кольца, поля, векторные пространства, модули над кольцом, алгебры). Примеры.

Определения основных алгебраических структур, связи между ними. Гомоморфизмы. Факторструктуры, теоремы о гомоморфизмах. Язык модулей и представлений. Примеры (в частности, линейное пространство с оператором как модуль над кольцом многочленов).

2. Конечнопорожденные модули над евклидовыми кольцами, их классификация. Применение полученных результатов к конечнопорожденным абелевым группам и жордановой нормальной форме.

Доказательство теоремы о том, что всякий конечнопорожденный модуль над евклидовым кольцом раскладывается в прямую сумму примарных циклических и бесконечных циклических модулей, причем набор их аннуляторов определен однозначно. В случае кольца целых чисел это дает теорему о классификации конечнопорожденных абелевых групп, а в случае конечномерного пространства V над алгебраически замкнутым полем K с заданным линейным оператором на V (что задает структуру $K[x]$ -модуля на V) --- теорему о Жордановой нормальной форме.

3. Тензорное произведение векторных пространств. Тензорная алгебра векторного пространства. Симметрическая алгебра. Внешняя алгебра.

Через универсальное свойство определяется тензорное произведение векторных пространств, приводится его явная конструкция, для которой проверяется универсальное свойство. Определяются и изучаются тензорная, симметрическая и внешняя алгебры векторного пространства.

4. Линейные представления и ассоциативные алгебры. Полупростые модули и кольца. Теорема Веддерберна о полупростых кольцах конечной длины.

Излагаются основы теории линейных представлений ассоциативных алгебр --- понятия неприводимых, неразложимых и вполне приводимых представлений. Доказывается лемма Шура. Доказывается теорема Веддерберна о конечномерных полупростых алгебрах над полем.

5. Полупростота групповой алгебры конечной группы. Применение развитой ранее теории к линейным представлениям конечных групп.

Доказывается теорема Машке о полупростоте групповой алгебры конечной группы над полем характеристики, не делящей порядок группы. Теоремы Веддерберна и Машке применяются к теории представлений конечных групп.

6. Язык категорий и функторов. Универсальные объекты. Примеры из линейной алгебры.

Излагаются основы теории категорий. Определяется понятие универсального объекта, приводятся примеры (свободная группа, тензорная алгебра и т. д.).

7. Универсальные свойства прямой суммы и тензорного произведения пространств. Функторы двойственности, расширения и ограничения скаляров. Тензорное произведение векторных пространств как бифунктор.

Показывается, что многие конструкции из алгебры являются на самом деле функторами (двойственное пространство или модуль, тензорное произведение, свободная группа и т.д.)

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Избранные вопросы теоретической физики

Цель дисциплины:

научить студентов полному пониманию рассматриваемых в курсе статей из научной периодики (как результатов, так и техник — на уровне способности решать близкие задачи). Все необходимые предварительные сведения и нетривиальные моменты оригинальных работ рассказываются на лекциях.

Задачи дисциплины:

- познакомить студентов с основными понятиями и идеями в этой области, с постановкой задач и подходами к их решениям. Предполагается, что прослушав этот курс, студенты смогут читать и понимать текущую научную периодику в этой области.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия по теме дисциплины.

уметь:

- пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования, решать задачи по теме дисциплины.

владеть:

- математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

Темы и разделы курса:

1. Численные результаты в теории перколяции

Перколяция. Критическая точка и критическое поведение основных величин. Эффективность метода Монте-Карло в тривиальной редакции. Варианты алгоритмов union-find. Объединение по высоте и рангу и сжатие путей, union-find по Тарьяну. Экстраполяция

критической концентрации. Варианты определений $\chi_s(L)$ и их размерный скейлинг. Модификации алгоритмов для тора.

2. Метод реплик.

Распределение Гиббса, статистическая сумма, свободная энергия. Модель Изинга. Ферромагнитный кластер. Метод среднего поля. Преобразование Хаббарда-Стратоновича. Метод перевала. Модель Шеррингтона-Киркпатрика (SK). Метод реплик. Вычисление реплично-симметричной свободной энергии. Фазовая диаграмма модели SK. Проблемы решения при низких температурах и качественная картина нарушения репличной симметрии.

3. Шенноновская ёмкость графа.

Шенноновская ёмкость канала (с нулевой допустимой ошибкой). Ее геометрические оценки и оценки посредством покрытия кликами. Дробные вершинные упаковки. Тэта-функция Ловаса. Ее спектральные характеристики. Использование симметрий графа канала. Вычисления для циклов и графа Петерсена.

4. Спиновый лёд.

Пирохлорная решетка. Гамильтониан спинового льда. Экспериментальные данные для энтропии и фазовой диаграммы в магнитном поле. Разделение магнитных зарядов и магнитно-кулоновский гамильтониан. Энтропия в моделях типа льда. Магнитные монополи как элементарные возбуждения. Спиновый лед в магнитном поле.

5. Состояния с валентными связями в одномерных антиферромагнетиках.

Квантовый спин. Сложение моментов. Гамильтониан Гейзенберга. Магноны и Бете-анзац в одномерном случае для спина $1/2$. Антиферромагнитный случай для спина 1. Гамильтониан Majumdar-Ghosh и его основные состояния. Гамильтониан AKLT и его основное состояние. Вычисление энергии и спиновых корреляторов в AKLT-случае. Модифицированные гамильтонианы и вариационные волновые функции. Эффекты на крае отрезка.

6. Разветвлённые полимеры, суперсимметрия, размерная редукция.

Модель разветвленных полимеров. Модель газа твердых шаров. Грассманова алгебра и вычисления в ней. Суперсимметричный газ твердых шаров. Вириальное разложение в суперсимметричном случае. Вычисление Бриджеса-Имбри. Результаты для размерностей 2, 3, 4. Нули Ли-Янга и гипотеза Паризи-Сурла.

7. Точные выборки в марковских цепях.

Марковские цепи. Стационарные распределения. Метод MCMC. Точные выборки для "черных ящиков". Метод CFTR по Проппу-Уилсону. Монотонные модели и их вариации. Газ твердых шаров на графе. Выборки в модели жестких гексагонов при разных значениях хим. потенциала.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Интегрируемые иерархии

Цель дисциплины:

формирование у студентов представления об интегрируемых иерархиях, обсуждение группы бесконечномерных преобразований и связь с алгебрами Ли, изучение физических примеров с высокой степенью симметрии.

Задачи дисциплины:

обучение студентов основным принципам и методам алгебраических конструкций, позволяющим находить решения систем дифференциальных уравнений с повышенной симметрией, подготовка студентов к ведению исследований, связанных с интегрируемыми иерархиями и близкими областями теоретической физики и математики.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Основные принципы теории интегрируемых иерархий, соответствующие алгебраические конструкции и методы работы с бесконечномерными алгебрами Ли

уметь:

эффективно использовать на практике теоретические понятия, решать базовые задачи, связанные с соответствующими примерами интегрируемых иерархий

владеть:

Основными методами, использующимися при решении задач, связанных с бесконечными системами дифференциальных уравнений с повышенными симметриями

Темы и разделы курса:

1. Иерархия Кортвега-де Фриза

Будем исследовать симметрии уравнения Кортвега-де Фриза (КдФ), имеющие форму инфинитезимальных преобразований нелинейных эволюционных уравнений. Само

уравнение КдФ является нелинейным эволюционным уравнением, но его можно получить из условий совместности некоторых линейных уравнений. Ключевую роль будет играть понятие симметрии. Для изучения высших уравнений КдФ мы рассмотрим оператор, обратный к дифференциальному оператору d/dx .

2. Уравнения Хироты

Обсудим метод нахождения решений уравнения КдФ и других солитонных уравнений, изобретенный в 1970 г. японским математиком Хиротой. Будет описана связь между уравнениями Хироты и вершинными операторами, которые появились впервые в теории элементарных частиц. Выведем билинейное тождество, которому удовлетворяют решения КдФ.

3. Исчисление фермионов

За симметриями солитонных уравнений стоят определенные алгебраические структуры. В этой теме занятий будут введены и изучены фермионы и их исчисление (алгебра Клиффорда), необходимое для описания указанных симметрии.

4. Бозон-фермионное соответствие

Хотя основные свойства бозонных и фермионных операторов существенно различаются, тем не менее можно выразить один тип операторов через другой. Технически это становится возможным благодаря использованию бесконечных сумм бозонных и фермионных операторов. Эти суммы являются производящими функциями, которые часто используются в квантовой теории поля.

5. Группы преобразований и тау-функции

Линейное пространство квадратичных по фермионам мономов имеет естественную структуру бесконечномерной алгебры Ли. Изучается группа, отвечающая этой алгебре, и эта группа есть группа преобразований уравнения Кадомцева-Петвиашвили, переводящая одно его решение в другое. С точки зрения геометрии это означает, что группа передвигает вакуумный вектор по орбите, каждая точка которой есть некоторое решение иерархии, то есть тау-функция. Эта орбита является подмногообразием в бесконечномерном пространстве всех функций, а уравнения, которые определяют эту орбиту, являются уравнениями Хироты.

6. Грассманианы и соотношения Плюккера

Эта тема занятий посвящена введению в теорию многообразий Грассмана. Будем обсуждать связь между этим классическим понятием проективной геометрии и интегрируемыми иерархиями, которая основана на соотношениях Плюккера. Будет показано, что орбита вакуумного вектора при групповом действии является грассманианом, будут рассмотрены определяющие этот грассманиан уравнения, которые получаются из билинейного тождества Хироты. Группа Клиффорда и характеристические полиномы будут обсуждаться в контексте данной темы.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Информатика

Цель дисциплины:

Формирование базовых знаний по информатике для дальнейшего использования в других областях математического знания и дисциплинах естественнонаучного содержания; формирование информационной культуры, исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины:

- Формирование у обучающихся базовых знаний по информатике;
- формирование информационной культуры: умение логически мыслить, проводить доказательства основных утверждений, устанавливать логические связи между понятиями;
- формирование умений и навыков применять полученные знания для решения информационных задач, самостоятельного анализа полученных результатов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Основы дискретной математики;

основы теории алгоритмов;

свойства алгоритмов, проблемы алгоритмической сложности и алгоритмической неразрешимости;

основы одного или нескольких алгоритмических языков программирования, общие характеристики языков программирования, идеологию объектно-ориентированного подхода;

приемы разработки программ;

общие понятия о структурах данных: стеки, очереди, списки, деревья, таблицы;

основы архитектуры электронно-вычислительной машины (ЭВМ), представления информации в ЭВМ и архитектурные принципы повышения их производительности.

уметь:

Выбирать оптимальные алгоритмы для современных программ;

разрабатывать полные законченные программы на одном из языков программирования высокого уровня;

разрабатывать программы на одном или нескольких языках программирования как индивидуально, так и в команде, с использованием современных средств написания и отладки программ;

применять объектно-ориентированный подход для написания программ;

использовать знания по информатике для приложения в инновационной, конструкторско-технологической и производственно-технологической сферах деятельности.

владеть:

Одним или несколькими современными языками программирования и методами создания программ с использованием библиотек и современных средств их написания и отладки;

навыками освоения современных архитектур ЭВМ.

Темы и разделы курса:

1. Алгоритмические языки

Характеристика алгоритмических языков и их исполнителей. Понятие трансляции.

Понятие о формальных языках. Способы строгого описания формальных языков, понятие о метаязыках. Алфавит, синтаксис и семантика алгоритмического языка. Описание синтаксиса языка с помощью металингвистических формул и синтаксических диаграмм.

Языки программирования. Общие характеристики языков программирования. Алфавит, имена, служебные слова, стандартные имена, числа, текстовые константы, разделители. Препроцессор и комментарии.

Типы данных, их классификация. Переменные и константы. Скалярные типы данных и операции над ними. Старшинство операций, стандартные функции. Выражения и правила их вычисления. Оператор присваивания.

Файлы. Стандартные функции ввода-вывода.

Простые и сложные операторы. Пустой, составной, условный операторы. Оператор варианта. Оператор перехода.

Оператор цикла. Программирование рекуррентных соотношений.

Составные типы данных. Массивы.

Описание функций (процедур). Формальные и фактические параметры. Способы передачи параметров. Локализация имен. Побочные эффекты. Итерации и рекурсии.

Ссылочный тип данных. Методы выделения памяти: статический, динамический и автоматический. Структуры. Битовые поля. Объединения. Перечисления. Декларация typedef.

2. Алгоритмы и структуры данных

Абстрактные структуры данных: список, стек, очередь, очередь с приоритетом, ассоциативный массив. Отображение абстрактных структур данных на структуры хранения: массивы, линейные списки, деревья.

Различные реализации ассоциативного массива: двоичные деревья поиска (АВЛ-деревья, красно-чёрные деревья), перемешанные таблицы (с прямой и открытой адресацией, использование техники двойного хэширования при открытой адресации). Оценки алгоритмической сложности операций поиска, добавления и удаления элемента.

Классические алгоритмы: перебор с возвратом, жадные алгоритмы. Примеры алгоритмов работы с графами: поиск минимального остового дерева, поиск кратчайшего пути, задача коммивояжера.

3. Введение в алгоритмы

Понятие внутренней и внешней сортировки. Устойчивая сортировка. Сортировка in-place. Сортировка простыми вставками, простым выбором, метод «пузырька». Шейкер сортировка. Метод Шелла. Быстрая сортировка Хоара. Сортировка слиянием. Пирамидальная сортировка. Оценка трудоемкости.

4. Введение в теорию алгоритмов

Интуитивное понятие алгоритма. Свойства алгоритмов. Понятие об исполнителе алгоритма. Алгоритм как преобразование слов из заданного алфавита. Связь понятия алгоритма с понятием функции. Машина Тьюринга. Нормальные алгоритмы Маркова. Вычислимые функции и их свойства. Невычислимые функции. Различные эквивалентные определения множества вычислимых функций. Алгоритмическая сложность.

5. Введение. Структура ЭВМ

Уровни абстрактного представления ЭВМ, язык Ассемблера и машинные команды среди них. Элементы и контекст машинного представления информации. Трансляция и интерпретация программ и команд. Краткое описание устройств ЭВМ и схема их взаимодействия. Структура центрального процессора (ЦП). Регистры, арифметико-логическое устройство, устройство управления. Схема работы ЭВМ. Кэширование и иерархия устройств хранения. Оперативная память ЭВМ. Ячейки, адреса, машинные слова, разряды, биты. Двоичное представление информации в ЭВМ, причины выбора такого представления. Взаимодействие ЭВМ друг с другом. Одновременность и параллельность.

6. Иерархия памяти

Технологии хранения данных. Локальность. Иерархия видов памяти и принцип кэширования. Кэш-память. Создание кэш-ориентированных программ. Влияние кэш-памяти на производительность.

7. Машинное представление программ

Кодирование программ. Форматы данных. Обращение к данным. Арифметические и битовые операции. Команды управления. Процедуры. Массивы. Неоднородные

конструкции данных. Указатели. Использование отладчика. Некорректные ссылки и переполнение буфера. 64-битное расширение IA-32. Программы с плавающей точкой.

8. Оптимизация программ

Возможности и ограничения оптимизирующих компиляторов. Измерение производительности программ. Исключение неэффективности циклов. Уменьшение количества вызовов процедур. Исключение ненужных ссылок в память. Понятие о современном процессоре. Разворачивание циклов. Увеличение степени параллелизма. Результат оптимизации кода. Ограничители производительности. Производительность памяти. Обнаружение и исключение мест потери производительности.

9. Представление информации в памяти ЭВМ

Двоичная система счисления. Шестнадцатеричная нотация. Слова и размеры данных. Представления целых чисел в форме с фиксированной точкой (представление беззнаковых чисел, представление знаковых чисел в прямом и дополнительном кодах). Особенности сложения и вычитания целых чисел. Флаги. Представление вещественных чисел в форме с плавающей точкой. Размещение числовых данных в памяти. Двоично-десятичные числа. Представление нечисловой информации.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Испанский язык для общих целей

Цель дисциплины:

Формирование межкультурной профессионально ориентированной коммуникативной компетенции на начальном уровне А1+ (по Общеввропейской шкале уровней владения иностранными языками) для решения социально-коммуникативных задач в различных областях бытовой, культурной, профессиональной и научной деятельности при общении с зарубежными партнерами, а также для дальнейшего самообразования.

Задачи дисциплины:

Задачи формирования межкультурной профессионально ориентированной коммуникативной компетенции состоят в последовательном овладении студентами совокупностью субкомпетенций, основными из которых являются:

- лингвистическая компетенция, т.е. умение адекватно воспринимать и корректно использовать единицы речи на основе знаний о фонологических, грамматических, лексических, стилистических особенностях изучаемого языка;
- социолингвистическая компетенция, т.е. умение адекватно использовать реалии, фоновые знания, ситуативно обусловленные формы общения;
- социокультурная компетенция, т.е. умение учитывать в общении речевые и поведенческие модели, принятые в соответствующей культуре;
- социальная компетенция, т.е. умение взаимодействовать с партнерами по общению, вступать в контакт и поддерживать его, владея необходимыми стратегиями;
- стратегическая компетенция, т.е. умение применять разные стратегии для поддержания успешного взаимодействия при устном/письменном общении;
- дискурсивная компетенция, т.е. умение понимать и порождать иноязычный дискурс с учетом культурно обусловленных различий;
- общая компетенция, включающая наряду со знаниями о стране и мире, об особенностях языковой системы также и способность расширять и совершенствовать собственную картину мира, ориентироваться в медийных источниках информации;
- межкультурная компетенция, т.е. способность достичь взаимопонимания в межкультурных контактах, используя весь арсенал умений для реализации коммуникативного намерения;

- компенсаторная компетенция, т.е. способность избежать недопонимания, преодолеть коммуникативный барьер за счет использования известных речевых и метаязыковых средств.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Основные факты, реалии, имена, достопримечательности, традиции испаноязычных стран;
- некоторые достижения, открытия, события из области истории, культуры, политики, социальной жизни испаноязычных стран;
- основные фонетические, лексико-грамматические, стилистические особенности испанского языка и его отличие от родного языка;
- основные различия письменной и устной речи.

уметь:

- Порождать адекватные в условиях конкретной ситуации общения устные и письменные тексты;
- реализовать коммуникативное намерение с целью воздействия на партнера по общению;
- адекватно понимать и интерпретировать смысл и намерение автора при восприятии устных и письменных аутентичных текстов;
- выявлять сходство и различия в системах родного и иностранного языка;
- проявлять толерантность, эмпатию, открытость и дружелюбие при общении с представителями другой культуры.

владеть:

- Межкультурной профессионально ориентированной коммуникативной компетенцией в разных видах речевой деятельности на уровне A1+ (A2.1);
- социокультурной компетенцией для успешного взаимопонимания в условиях общения с представителями другой культуры;
- различными коммуникативными стратегиями;
- учебными стратегиями для организации своей учебной деятельности;
- стратегиями рефлексии и самооценки в целях самосовершенствования личных качеств и достижений;
- разными приемами запоминания и структурирования усваиваемого материала;
- Интернет-технологиями для выбора оптимального режима получения информации.

Темы и разделы курса:

1. Знакомство, представление классу. Обмен информацией с анкетными данными.

Коммуникативные задачи: приветствовать, прощаться, представляться. Сообщить/запросить персональные данные. Знакомиться. Вести диалог с преподавателем в классе.

Лексика: приветствия и прощания неформальные/формальные. Числительные 0-9. Имена и фамилии в испанском языке. Страны и национальности.

Грамматика/фонетика: глагол *ser*. Гласные/согласные звуки. Ударение. Порядок слов, интонация в предложении. Дифтонги. Случаи ассимиляции звуков. Род и число существительного. Определенный артикль. Указательные местоимения. Спряжение глагола *Pararse*.

2. Семья. Описание возраста, профессии и характера членов семьи. Генеалогическое дерево. Хобби.

Коммуникативные задачи: говорить о членах семьи. Давать характеристику человеку. Запрашивать информацию о хобби. Представлять сведения о месте работы.

Лексика: национальность и происхождение. Числительные 20-100. Место работы.

Грамматика/фонетика: род существительных для профессий. Образование множественного числа прилагательных. Спряжение глаголов настоящего времени. Построение отрицательного предложения. Обращение на *tú* и *Usted*. Интенсификаторы.

3. Путешествие. Средства передвижения. Диалог в турагентстве. Типы проживания и их характеристики. Аренда жилья на время путешествия.

Коммуникативные задачи: уметь отдавать предпочтение способу путешествия. Описывать преимущества и недостатки городской среды.

Лексика: рассказ о каникулах. Городская инфраструктура.

Грамматика: спряжение неправильных глаголов. Особенности употребления глаголов *gustar, estar, hay, preferir, querer*. Личные местоимения дательного падежа. Конструкции с глаголом *ir*. Род существительных. Вопросительные местоимения.

4. В магазине. Покупка одежды. Выбор подарков для праздника.

Коммуникативные задачи: вести диалог в магазине о покупке одежды или предметов для праздника. Аргументировать выбор подарка для друзей и членов семьи. Рассказать, как и где покупается одежда. Спрашивать и рассказывать, что носят на работе и дома.

Лексика: покупка одежды. Выражения аргументации при выборе подарка.

Грамматика: особенности спряжения и употребления глагола *tener*. Указательные местоимения. Числительные до 1000. Прямое и косвенное дополнение. Вопросительные местоимения *cuál* и *qué*. Определенный и неопределенный артикли.

5. Здоровье. Полезные привычки для поддержания формы. Прием у врача. Спорт.

Коммуникативные задачи: выстраивать диалог у врача. Рассказывать о своих полезных и вредных привычках, давать советы. Строить планы на день.

Лексика: части тела. Спорт. Маркеры частности в настоящем времени.

Грамматика: интенсификаторы *muu*, *mucho* и *roso*. Возвратные глаголы в испанском языке. Устойчивые выражения с глаголом *tener*. Конструкция *tener que* и инфинитив смыслового глагола.

6. Еда. Средиземноморская диета. Праздничный стол: традиции и обычаи. Рецепты испанских блюд. Покупка продуктов. Диалог в ресторане.

Коммуникативные задачи: умение вести диалог в ресторане. Составлять список продуктов и аргументировать свой выбор. Рассказывать о рецепте приготовления блюд испанской кухни.

Лексика: еда, описание блюд и способы их приготовления. Столовые приборы, посуда. Глаголы, обозначающие действия, связанные с приготовлением пищи. Маркеры частотности при употреблении пищи.

Грамматика: исчисляемые и неисчисляемые существительные. Особенности употребления глагольных конструкций с безличным *se*.

7. Работа. Повседневные дела дома и на работе. Составление резюме. Собеседование при приеме на работу.

Коммуникативные задачи: уметь представлять свое резюме при приеме на работу. Рассказывать о своем расписании.

Лексика: выбор профессии (систематизация). Хобби, навыки и умения. Образование.

Грамматика: род имен существительных (систематизация). Разница между прилагательным и наречием. Спряжение правильных и неправильных глаголов в прошедшем времени *Preterito Perfecto*. Роль возвратного глагола в герундивных конструкциях. Особенности употребления глагола *estar* с причастием.

8. Каникулы. Опыт путешествий. Сбор чемодана. Выбор места отдыха. Бронирование гостиницы.

Коммуникативные задачи: самостоятельно организовывать путешествие. Решать проблемы, связанные с выбором места отдыха и перемещением.

Лексика: глаголы, связанные с распорядком дня (систематизация). Национальные праздники. Разновидности багажа. Навигация в аэропорту.

Грамматика: конструкция будущего времени в испанском языке. Маркеры будущего времени. Герундивная конструкция (систематизация). Использование возвратных глаголов в герундивных конструкциях. Особенности употребления глаголов движения с предлогами. Пространственные предлоги.

9. Город. Преимущества и недостатки жизни в городе. Описание городской инфраструктуры.

Коммуникативные задачи: аргументированно сравнивать инфраструктуру двух городов. Высказывать свои вкусы и предпочтения при помощи специальных маркеров.

Лексика: ориентация в городе. Средства выражения собственного мнения.

Грамматика: сравнительная и превосходная степень. Относительные придаточные. Особенности употребления форм глагола *gustar* и *gustar*ía.

10. История. Биографии знаменитых личностей Испании и Латинской Америки.

Коммуникативные задачи: уметь описывать и реагировать на важные исторические события в России и мире. Рассказывать о том, что делал вчера и на прошлой неделе.

Лексика: средства для описания событий истории. Испанские и русские праздники, традиции и обычаи.

Грамматика: спряжение правильных и неправильных глаголов в прошедшем времени *Preterito Indefinido*. Разница в употреблении прошедших времен. Вопросительные местоимения (систематизация).

11. Дом. Условия проживания в Испании. Описание обстановки в доме. Поиск квартиры для аренды.

Коммуникативные задачи: уметь описать и сравнить объекты проживания. Высказать свою точку зрения по поводу удобств и недостатков конкретного места. Отправить письмо из Испании в Россию. Уметь ориентироваться в метро. Подавать объявление в газету о найме жилья.

Лексика: аббревиатуры, сокращения при обозначении объектов городской инфраструктуры. Предметы мебели. Предлоги местоположения. Название комнат в доме.

Грамматика: повелительное наклонение. Особенности употребления повелительного наклонения с местоимением. Использование глаголов *ser* и *estar* для описания характера и определения местоположения. Позиционные предлоги. Употребление конструкции *dar* и предлога *a*.

12. Автобиография. Описание событий прошлого. Интервью с родственниками. История семьи.

Коммуникативные задачи: умение рассказать с подробностями биографии известных личностей Испании и Латинской Америки. Подробный пересказ исторических событий. Описание фотографий из прошлого. Навыки интервьюирования собеседника с целью уточнения исторических деталей.

Лексика: ресурсы для построения сложносочиненных предложений. Хобби, навыки и умения в детстве. Маркеры прошедшего времени.

Грамматика: прошедшее продолженное время *Preterito Imperfecto*. Разница в употреблении прошедших времен (систематизация). Особенности употребления предлогов *antes* и *después*.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Испанский язык

Цель дисциплины:

Формирование и развитие социальных, деловых, межкультурных и профессионально-ориентированных коммуникативных компетенций по общеевропейской шкале уровней владения иностранными языками для решения коммуникативных задач в социокультурной, академической и профессионально-деловой сферах деятельности, а также для развития профессиональных и личностных качеств выпускников бакалавриата.

Задачи дисциплины:

Сформировать способность обучающегося языковыми средствами решать коммуникативные задачи в различных ситуациях межкультурного общения, осуществлять межличностное и профессиональное общение на иностранном языке с учётом особенностей культуры изучаемого языка, а также умение преодолевать межкультурные различия в ситуациях в ситуациях общебытового, социального и профессионального общения. Для достижения целей и задач освоения дисциплины, обучающиеся должны овладеть иноязычной общепрофессиональной коммуникативной компетенцией, включающей в себя:

Лингвистическую компетенцию: способность в соответствии с нормами изучаемого языка правильно конструировать грамматические формы и синтаксические построения.

Социолингвистическую компетенцию (способность использовать и преобразовывать языковые формы в соответствии с ситуацией иноязычного общения).

Социокультурную компетенцию: способность учитывать в общении речевое и неречевое поведение, принятое в стране изучаемого языка.

Социальную компетенцию: способность взаимодействовать с партнерами по общению, владение соответствующими стратегиями.

Дискурсивную компетенцию (способность понять и достичь связности отдельных высказываний в значимых коммуникативных моделях)

Стратегическую компетенцию: умение пользоваться наиболее эффективными стратегиями при решении коммуникативных задач.

Предметную компетенцию: знание предметной информации при организации собственного высказывания или понимания высказывания других людей.

Прагматическую компетенцию: умение выбирать наиболее эффективный и целесообразный способ выражения мысли в зависимости от условий коммуникативного акта и поставленной задачи.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные категории философии, законы исторического развития, основы межкультурной коммуникации;
- системы этических и интеллектуальных ценностей и норм, их значения в истории общества;
- особенности видов речевой деятельности на испанском языке; основные особенности системы образования в Испании;
- основные фонетические, лексические и грамматические явления и структуры, используемые в устной и письменной речи при общении на испанском языке, их отличие от родного языка для аргументированного и логичного построения высказываний, позволяющих использовать изучаемый язык в повседневной, академической коммуникации;
- межкультурные различия, культурные традиции и реалии, языковые нормы, социокультурные особенности поведения и речевого этикета страны изучаемого языка при устной и письменной межличностной коммуникации, межкультурном общении;
- культурно-специфические особенности менталитета, представлений, ценностей представителей испанской и латиноамериканской культур; основные факты, реалии, имена, достопримечательности, традиции испаноязычных стран; поведенческие модели и сложившуюся картину мира носителей языка;
- виды коммуникативных намерений, соотношение коммуникативных намерений с замыслом и целью речевой коммуникации, типовые приемы и способы выражения коммуникативных намерений на испанском языке в устной и письменной речи, принципы понимания коммуникативных намерений собеседников;
- основы организации письменной коммуникации, типы коммуникативных задач письменного общения и функции письменных коммуникативных средств;
- специфику использования вербальных и невербальных средств в ситуациях иноязычной коммуникации;
- риторические приемы, используемые в различных видах коммуникативных ситуаций;
- виды и особенности письменных текстов и устных выступлений, общее содержание сложных текстов на абстрактные и конкретные темы, особенности иноязычных текстов, универсальные закономерности структурной организации текста, в том числе узкоспециальных текстов;
- правила использования различных технических средств с целью поиска и извлечения иноязычной информации, основные правила определения релевантности и надежности иноязычных источников, анализа и синтеза информации;

- мировые достижения, открытия, события из области истории, культуры, политики, социальной жизни;
- общие формы организации групповой работы; особенности поведения и интересы других участников; основы стратегического планирования работы команды для достижения поставленной цели;
- стандартные типы коммуникативных задач, цели и задачи деловых переговоров, социокультурные особенности ведения деловых переговоров, коммуникативно-прагматические и жанровые особенности переговоров;
- основные виды, универсальные правила, нормы официальных и деловых документов, особенности их стиля и оформления деловой переписки;
- базовую лексику и терминологию для академического, научного и профессионального общения.

уметь:

- понимать и использовать языковые средства во всех видах речевой деятельности на испанском языке;
- вести диалог на испанском языке в различных сферах общения: обиходно-бытовых, социально-культурных, общественной и академической.
- соблюдать речевой этикет в ситуациях повседневного и академического общения (устанавливать и поддерживать контакты, завершать беседу, запрашивать и сообщать информацию, побуждать к действию, выражать согласие/несогласие с мнением собеседника, просьбу);
- устно реализовать коммуникативное намерение с целью воздействия на партнера по общению начинать, вести/поддерживать и заканчивать диалог-расспрос об увиденном, прочитанном, диалог-обмен мнениями и соблюдая нормы речевого этикета, при необходимости используя стратегии восстановления сбоя в процессе коммуникации (переспрос, перефразирование и др.);
- письменно реализовывать коммуникативные намерения (информирование, запрос, просьба, согласие, отказ, извинение, благодарность);
- извлекать общую и детальную информацию при чтении аутентичных текстов;
- сообщать информацию на основе прочитанного текста в форме подготовленного монологического высказывания (презентации по предложенной теме);
- понимать монологические и диалогические высказывания при непосредственном общении и в аудио/видеозаписи;
- понимать коммуникативные интенции полученных письменных и устных сообщений;
- развертывать предложенный тезис в виде иллюстрации, детализации, разъяснения;
- использовать современные информационно-коммуникативные средства для коммуникации в профессиональной деятельности, делового общения и саморазвития;

- подбирать литературу по теме, переводить и реферировать литературу, объяснить свою точку зрения и рассказать о своих планах;
- выбирать речевое поведение, тактики и стратегии в соответствии с целями и особенностями коммуникации;
- осуществлять устное и письменное иноязычное общение; реферировать и аннотировать иноязычные тексты;
- учитывать особенности поведения и интересы других участников коммуникации, анализировать возможные последствия личных действий в социальном взаимодействии и командной работе, и с учетом этого строить продуктивное взаимодействие в коллективе;
- использовать приемы и принципы построения публичной речи для сообщения;
- распознавать и дифференцировать языковые и речевые явления, выделять основную и второстепенную информацию при чтении текстов и восприятии речи на слух, использовать типовые средства устной и письменной коммуникации в межличностном общении; применять адекватные коммуникативные средства в стандартных ситуациях общения;
- выполнять перевод текстов с испанского языка на государственный язык Российской Федерации с учетом лексико-грамматических и стилистических особенностей языка оригинала; языка перевода и стандартных способов решения коммуникативных задач;
- уметь выявлять и формулировать проблемы, возникающие в процессе изучения испанского языка; оценивать свои возможности, реалистичность и адекватность намеченных способов и путей достижения планируемых целей.

владеть:

- межкультурной коммуникативной компетенцией в разных видах речевой деятельности;
- социокультурной компетенцией для успешного взаимопонимания в условиях общения с представителями другой культуры;
- различными коммуникативными стратегиями: учебными стратегиями для организации своей учебной деятельности; стратегиями рефлексии и самооценки в целях самосовершенствования личных качеств и достижений; стратегиями восприятия, анализа, создания устных и письменных текстов разных типов;
- учебными стратегиями для организации своей учебной деятельности; когнитивными стратегиями для изучения иностранного языка; стратегиями рефлексии и самооценки в целях самосовершенствования личных качеств и достижений;
- разными приемами запоминания и структурирования усваиваемого материала;
- технологиями командных коммуникаций, позволяющими достигать поставленной задачи
- риторическими техниками;
- различными видами чтения (поисковое, ознакомительное, аналитическое) с целью извлечения информации;
- коммуникативной технологией построения и порождения различных типов монологического высказывания (монолог-описание, монолог-приветствие, монолог-

рассуждение, монолог-сравнение, монологическая инструкция), подготовки, построение и презентации публичного выступления (выступление-сообщение, выступление- обзор прочитанного, увиденного, выступление-доказательство и т.д.)

- приемами выявления и осознания своих языковых возможностей, личностных и профессионально-значимых качеств с целью их совершенствования;
- умением понимать речь носителей и не носителей языка в нормальном темпе и адекватно реагировать с учетом культурных норм международного общения;
- умением вести обмен деловой информацией в устной и письменной формах на испанском языке;
- современными техническими средствами и информационно-коммуникативными технологиями для получения и обработки информации при изучении иностранного языка.
- умением создавать ясные, логичные высказывания монологического и диалогического характера в различных ситуациях бытового и профессионального общения, пользуясь необходимым набором средств коммуникации;
- приемами публичной речи и делового и профессионального дискурса на испанском языке.

Темы и разделы курса:

1. Тема 1. Человек

Персональные данные: имя, возраст, происхождение, место проживания. Внешность, черты характера, привычки, взгляды на жизнь, умения и способности, потребности и интересы, ценности, идеалы, смысл жизни, достижения, профессия. Детство, отрочество и юность. Время, как самая большая ценность в жизни человека. Основные характеристики успешного человека. Успешность личности. Факторы успеха: гены, среда, характер. Преодоление трудностей.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: сообщать о себе: о внешности, чертах характера, о вредных и полезных привычках, взглядах на жизнь, умениях и способностях, потребностях и интересах, ценностях в жизни, своих идеалах, смысле жизни; задавать вопросы собеседнику по темам; описывать характер человека; сравнивать вещи или предметы; уметь оперировать числами, датами, днями недели, месяцами и пр.

2. Тема 2. Мой дом, моя семья

Генеалогическое дерево, семья, и быт, круг общения, повседневная жизнь, работа. Распределение ролей в семье. Семейные традиции. Жилье и одежда, приготовления пищи. Кулинарные предпочтения и кухня мира. Праздники, покупки, подарки. Одежда. Бытовые принадлежности. Жизнь в городе, недостатки и преимущества. Городская среда, инфраструктура города, проблемы и достижения.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: сообщать о семье, семейном положении, родственниках, степени родства, семейных традициях; логически строить высказывания по самостоятельно составленному плану о семейных праздниках, выборе подарка; давать характеристику различным предметам в быту; моделировать диалог в магазине подарков, одежды; аргументировать выбор подарка;

рассказать о стиле одежды на работе, дома, для праздника и особо важных мероприятий; используя монологические высказывания сравнивать жизнь в городе и деревне; описывать и сравнивать объекты для проживания в городе и деревне, инфраструктуру; вести диалог и выражать предпочтения об условиях проживания.

3. Тема 3. Развлечения и хобби

Время и времяпрепровождение. Свободное время. Спорт. Музыка. Чтение. Фотография. Танцы. Кино. Театр. Видеоигры. Коллекционирование. Творчество. Влияние хобби на жизнь человека. Хобби как способ самореализации или пустая трата времени.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: уметь описать свои развлечения и хобби; составлять рецензии на фильм, книгу, спектакль и т.д.; обсудить героев и содержание книги, фильма, мультфильма и т.д.; вести беседу о влиянии хобби на выбор профессии, дать обратную связь на прочитанную книгу, просмотренный фильм, музыку, фотовыставку и т.д.; обсуждать киноиндустрию, музыку, СМИ, выражать свое мнение о влиянии СМИ на общество; строить логические высказывания о влиянии хобби на жизнь человека.

4. Тема 4. Окружающий мир

Воздействие человека с окружающей средой. Погода и климат. Влияние человека на природу: атмосферу, леса, мировой океан, почву, животный мир. Отношения человека с окружающим миром. Современные экологические проблемы.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: строить логические высказывания о живых существах и их взаимодействии с окружающей средой; проблемах загрязнения и охраны окружающей среды, природных и техногенных катастрофах, стихийных бедствиях; положительном и отрицательном влиянии человека на природу и экологию земли; рассуждать о нерушимой связи человека и природы; участвовать в дискуссии о ценностях природных ресурсов, сохранения окружающей среды для будущих поколений.

5. Тема 5. Здоровый образ жизни

Здоровье и забота о нем. Медицинские услуги. Проблемы экологии и здоровья. Полезные, вредные привычки. Физическая культура и спорт. Режим дня. Влияние современных технологий на жизнь и здоровье человека.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: участвовать в обсуждении и рассказывать о полезных и вредных привычках; выражать согласие и несогласие в процессе дискуссии о здоровом образе жизни; вести диалог моделируя игровые ситуации по заданной теме; сравнить гастрономические привычки испанцев с привычками соотечественников; формулировать вопросы и ответы на вопросы о самочувствии и состоянии здоровья. Готовить сообщения с оценкой проблемы зависимости от мобильных устройств.

6. Тема 6. Путешествия

Великие путешественники. Посещение различных стран. Новые впечатления и открытия. География путешествий. Туризм и путешествие. Планирование поездки. Транспорт. Гостиницы, бронирование, сервис. Опыт путешествий.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: рассуждать на тему каникул, отпуска; обсуждать виды путешествий, транспорт, посещение достопримечательностей; делиться новыми впечатлениями, опытом, необычными фактами; описывать географическое положение городов и стран; сравнивать культуру и обычаи разных стран; рассказывать о достопримечательностях; описывать процедуру бронирования гостиниц, хостелов, предлагаемый в них сервис; описывать способы путешествий разными транспортными средствами, передвижение по городу, используя метро, такси, автобусы; кратко рассказать о транспортной системе в своем городе.

7. Тема 7. Социальная жизнь

Принадлежность и причастность к какой-либо социальной группе, коллективу и т.д. Участие в студенческих клубах или сообществах. Волонтерское движение. Благотворительность. Благоустройство. Участие в молодежных и социальных проектах. Молодежные инициативы. Социальная сознательность.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: рассказывать о собственной социальной позиции и социальной инициативе; осуществлять поиск необходимой информации по тематике; рассуждать на тему волонтерства и благотворительности, благоустройства города, кампуса и т.д.

8. Тема 8. Культура и язык

Основные культурно-исторические вехи в развитии изучаемых стран. Особенности культуры. Культурологическое наследие испанского языка. Биографии знаменитых людей испаноязычного мира. основополагающие принципы межкультурной коммуникации и диалога культур. Культурная картина мира: представление о ценностях, нормах, нравах собственной культуры и культур других народов. Типы отношений между культурами. Языковая система. Коммуникативная функция языка. Различные формы языкового общения. Человеческая речь как средство передачи и получения основной массы жизненно важной информации. Соотношение человеческой речи и языковой системы в целом. Значение языка в культуре народов. Язык как специфическое средство хранения и передачи информации, а также управления человеческим поведением. Взаимосвязь языка, культуры и коммуникации. Культура языка, коммуникации языковой личности, идентичность, стереотипы сознания, картины мира и др.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: объяснять ценности, этические нормы своей культуры и нормы других культур; обсуждать особенности и типы отношений между культурами; обсуждать важность учета различий средств передачи информации, коммуникативных стилей, присущих другим культурам; высказывать гипотезы и свою точку зрения о взаимодействии языка и культуры; описывать прошедшие события. Рассказывать об известных людях прошлого и настоящего. Оценивать прошедшие события.

9. Тема 1. Образование

Роль образования в современном мире. Обучение в ВУЗе. Общество, основанное на знаниях. Образование через всю жизнь. Образование как ценность. Критерии выбора ВУЗа. Профессия будущего.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: суммировать основные идеи статьи о важности образования в современном обществе; сделать выводы о ценности образования на основе статистики; обсудить недостатки и

преимущества высшего образования; обсудить плюсы и минусы различных технологий обучения; дискутировать о профессиях будущего и собственном выборе профессии.

10. Тема 2. Креативность и творчество

10 величайших открытий в разных областях науки. Случайные открытия и их роль в науке, экономные инновации, влияние технологий и образования на развитие творческих способностей, исследовательский потенциал. Научное творчество. Креативное мышление. Изобретательство как процесс решения инженерных задач.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: рассказывать об открытиях и изобретениях, случайных открытиях, и обсуждать их важность, влияние креативности мышления на развитие технологий; обсуждать доступность науки для всех возрастных категорий и возможность добиваться высоких результатов; участвовать в дискуссии на тему важности креативного мышления и творчества в науке, технике и учебном процессе.

11. Тема 3. Жизненные ценности

Ценность жизни. Три основных круга жизненных ценностей: личная жизнь и отношения, работа и бизнес, собственное развитие. Влияние семьи и социума на формирование жизненных ценностей. Индивидуализация ценностей в жизни и самооценность. Представление о жизненных ценностях как ориентирах в жизни.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: рассуждать о ценностных ориентирах в жизни человека, описывать собственное представление о жизненных ценностях, обмениваться мнениями о влиянии окружающей действительности и социума на формирование жизненных ценностей и собственного представления о ценности жизни.

12. Тема 4. Экология и здоровье человека

Взаимосвязь экологии и здоровья человека. Зависимость уровня здоровья человека от качества естественной среды обитания. Экологические факторы – свойства среды, в которой мы живем. Гигиена и экология человека. Экология и ее влияние на жизнедеятельность. Роль экологического образования в рациональном природопользовании. Зависимость общественного здоровья от природных факторов.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: обмениваться мнениями о роли экологии, гигиены на здоровье человека; рассуждать о зависимости здоровья человека от факторов окружающей среды; обсуждать влияние экологических факторов среды на здоровый образ жизни человека; составлять описательные эссе по тематике; делать выводы, формулировать мнение о роли экологического образования для сохранения естественной среды обитания на планете.

13. Тема 5. Академическая мобильность

Академическая мобильность как инструмент межкультурной коммуникации. Значение межкультурной коммуникации для академической мобильности. Особенности социальной и академической адаптации в условиях академической мобильности. Межкультурная коммуникация и коммуникативная компетенция в процессе академической мобильности.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: участвовать в полилоге, в том числе в форме дискуссии с соблюдением речевых норм и

правил поведения, принятых в странах изучаемого языка, запрашивая и обмениваясь информацией, высказывая и аргументируя свою точку зрения, возражая, расспрашивая собеседника и уточняя его мнения и точки зрения, беря на себя инициативу в разговоре, внося пояснения/дополнения, выражая эмоциональное отношение к высказанному/обсуждаемому/прочитанному/ увиденному; обсуждать преимущества международной академической мобильности; приводить примеры академической мобильности в иноязычной и родной культуре; решать проблемные вопросы, связанные с культурной адаптацией в международной академической среде; участвовать в ролевой игре по типичным ситуациям международной академической мобильности.

14. Тема 6. Работа

Современный мир профессий, рынок труда и проблемы выбора будущей сферы трудовой и профессиональной деятельности, профессии, планы на ближайшее будущее. Значение труда в жизни человека. Сущность и функции работы для общества. Интересные профессии 21 века. Работа и карьера. Рынок труда и трудоустройство молодежи в современном мире.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: участвовать в дискуссии запрашивая и обмениваясь информацией, высказывая и аргументируя свою точку зрения о значении труда в жизни человека возражая, расспрашивая собеседника и уточняя его мнения и точки зрения, брать на себя инициативу в дискуссии, внося пояснения/дополнения, выражая эмоциональное отношение к высказанному/обсуждаемому/прочитанному/ увиденному; описывать планы на ближайшее будущее; объяснять и готовить монологические высказывания о роли работы и карьере, проблемах трудоустройства молодежи в современном мире.

15. Тема 1. По страницам истории Испании. Образование и культура. Старейшие университеты Испании

История Испании. Хуан де Марианна – первый историк Испании. Формирование территориальных границ. Доисторическая Иберия. Доримское население Испании. Карфагенская и греческая цивилизации. Римская Испания. Правление варваров. Византийская Испания. Мусульманская Испания. Реконкиста. Золотой век Испании. Династия испанских королей. Эпоха Бурбонов. Реставрация Бурбонов. Революции и гражданские войны XIX века. Правление Франко. Переход к демократии. Смена правительств в XX веке. Филипп XVI и современное устройство власти. Феномен поколения «Испанских детей» и его влияние на социокультурный контекст.

Становление системы образования в Испании. История старейших университетов в мире: университет Саламанки, Университет Святого Духа в Оньате, Университет Кордовы. Образовательные возможности университетов во время Конкистадоров. Комплектование университетских библиотек. Создание первых университетских кампусов. Формирование научных сообществ. Получение грантов и стипендий при университетах. Перспективы образовательной политики Испании.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах:

участвовать в беседе о значимых исторических событиях; анализировать внешние и внутрисполитические процессы; аргументировать свою точку зрения на то или иное историческое событие; прогнозировать влияние исторических событий на ближайшее будущее время; сопоставлять полученные сведения с историей другого европейского

государства; рассуждать о современных проблемах в системе образования, поддерживать разговор на тему становления испанской образовательной системы; обмениваться опытом и сопоставлять испанскую образовательную систему с российской; говорить о достоинствах и недостатках получения высшего образования; прогнозировать возможные образовательные реформы и оценивать степень их влияния на развитие общеевропейской образовательного процесса.

16. Тема 2. Золотой век испанского театра.

Появление первых театральных трупп. Строительство первых испанских театров – Корралей. Формирование центров театральной культуры в Мадриде и Севилье. Появление первых драматургов: Хуан де ла Куэва и Лопе де Руэда. Произведения П. Кальдерона («Жизнь есть сон», «Благочестивая Марта»), Тирсо де Молины («Севильский озорник», «Дон Хиль зелёные штаны»), Лопе де Веги («Собака на сене», «Учитель танцев») на испанской сцене. Культура поведения зрителя в испанском театре. Опыт современных постановок репертуара Золотого века.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах:

дискутировать о философии, культуре, социальной жизни общества на примере драматургии; рассуждать о влиянии литературы на развитие театральной культуры; обсуждать роль театра в жизни общества; аргументировать собственную точку зрения на околотеатральные темы; узнавать жестовый язык коммуникации, заложенный в ремарках каждой пьесы; прогнозировать актуальность тем, которые могли бы быть интересны зрителю в современном театре.

17. Тема 3. Удивительный мир испанской литературы

Основные этапы развития испанской литературы. Разнообразие стилей и жанров в каждой конкретной эпохе. Средневековая литература («Песнь о моем Сиде», «Семь инфантов Лары»). Литература эпохи ренессанса («Книга жизни» Святой Терезы де ла Крус, «Жизнь Ласарильо де Тормеса»). Жанр рыцарских романов. М. Сервантес - автор «Дон Кихота». Литература эпохи барокко на примере творчества Луиса де Гонгоры, Франсиско Кеведо и Сор Хуаны. Становление эпохи романтизма и реализма: женская литература (Росалиа де Кастро). Современная испанская поэзия на примере группы «Поколение 98». Доступность литературы самому широкому кругу читателей.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах:

обсуждать основные направления развития испанской литературы, проводить сопоставительный анализ перевода на русский язык; дискутировать на тему влияния литературы на общий исторический контекст; проводить интервью на тему любых литературных произведений; читать вслух и развивать навыки фонематического восприятия текстов разного языкового уровня; пересказывать краткое содержание основных сюжетных линий сложного литературного произведения; выражать собственное мнение о прочитанном.

18. Тема 4. Три века испанской живописи

Этапы становления испанской живописи. Художники Золотого века: Эль Греко, Франсиско Сурбаран и Диего Веласкес. Появление первых испанских школ живописи. Творчество придворных испанских художников на примере Диего Веласкеса. Роль Сальвадора Дали и Пикассо в формировании современной художественной культуры. Коллекции испанских музеев живописи: Прадо, Гугенхайм, музей Сальвадора Дали.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: дискутировать о значимости живописи в социально-культурной жизни общества; описывать произведения искусства; выражать свою точку зрения на произведение живописи или её автора; обсуждать важность сохранения культурного наследия; принимать участие в дискуссии о современных методах репрезентации художественных произведений.

19. Тема 5. История стран Латинской Америки

Америка в доколумбовую эпоху. Дешифровка письменности майя Ю. Кнорозовым. Завоевание Латинской Америки: эпоха конкистадоров. Образование в Латинской Америке независимых государств. Экскурс в историю Колумбии: колониальный период, образование колумбийской республики, современность. Уникальная культура Мексики в колониальный период, отделение Техаса, война с США, правление Порфирио Диаса, череда революций XX века. История Аргентины: эпоха индейцев, испанская колония, правление Росаса, два периода правления Хуана Перона. Страницы истории Чили: испанское заселение, обретение независимости, реформы во времена демократического правления, Эра Пиночета, эпохи президентов. Остров Куба: доколумбовая эра, войны за независимость, период правления Фиделя Кастро.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: дискутировать о социально-экономической сущности исторических процессов; проследить закономерность в развитии латиноамериканских стран; проводить компаративистский анализ разных стран Латинской Америки; выстраивать перспективы развития исходя из исторических предпосылок; выделять межрасовые различия разных народов Латинской Америки для невербальной и вербальной коммуникации.

20. Тема 6. Образование и культура стран Латинской Америки

Высшие учебные заведения Латинской Америки: Национальный автономный университет Мексики, Чилийский государственный университет, Национальный университет Колумбии. Перспективы образовательных программ: система грантовой поддержки. Развитие онлайн курсов и программ дистанционного образования при ведущих латиноамериканских университетах. Программа научной мобильности. Международное сотрудничество.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: рассуждать о современных проблемах в системе образования, поддерживать разговор на тему становления испанской образовательной системы; обмениваться опытом и сопоставлять испанскую образовательную систему с российской; говорить о достоинствах

и недостатках получения высшего образования; прогнозировать возможные образовательные реформы и оценивать степень их влияния на развитие общеевропейской образовательного процесса.

21. Тема 7. Жанр магического реализма в латиноамериканской литературе

Краткий экскурс в историю латиноамериканской литературы. Истоки магического реализма. Творчество Габриэль Гарсия Маркеса на примере романа «Сто лет одиночества». Личность Хулио Кортасара и особенности восприятия романов «Игра в классики» и «62 модель для сборки». Метафизика Хорхе Луис Борхеса в «Истории танго», издание журнала «Мартин Фьерро». Нобелевские лауреаты по латиноамериканской литературе: Пабло Неруда, Октавио Пас, Марио Варгас Льюса.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах:

обсуждать основные направления развития испанской литературы, проводить сопоставительный анализ перевода на русский язык; дискутировать на тему влияния литературы на общий исторический контекст; проводить интервью на тему любых литературных произведений; читать вслух и развивать навыки фонематического восприятия текстов разного языкового уровня; пересказывать краткое содержание основных сюжетных линий сложного литературного произведения; выражать собственное мнение о прочитанном.

22. Тема 8. Кинематограф Испании и Латинской Америки

Кинематограф Испании. Первые годы испанского кинематографа. Расцвет немого кино. Кинематограф во время войны: Рафаэль Хиль и Хуан де Ордунья. Послевоенные годы: Хуан Антонио Бардем. Новое испанское кино на примере творчества Карлоса Сауры. Эпоха демократии в испанском кинематографе: Педро Альмодовар и Алехандро Аменабар. Международный кинофестиваль в Вальядолиде и премия Гойя. Кинематограф Латинской Америки. Аргентинские шестидесятники. Поэтика Фернандо Соланаса. Голоса мастеров мексиканского кинематографа: Артуро Рипстейн. Национальный Смотр новый режиссеров и выпускники Международной школы кино и телевидения на Кубе. Чилийское кино сопротивления на примере творчества Беатрис Гонсалес. Звездный час уругвайского кино: Хуан Пабло Ребелья и Пабло Штоль. Латиноамериканское кино на российском экране.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах:

уметь формулировать основную мысль просмотренного киноматериала; дискутировать вокруг основных проблем; анализировать сильные и слабые стороны кинематографа; выстраивать перспективу зрительского интереса; прогнозировать актуальность затрагиваемых проблем для социокультурного развития страны; изучать различные диалекты испаноговорящих стран; фокусировать внимание на передаче смысла речи путем невербальной и вербальной коммуникации.

23. Тема 1. Основы политологии

Политология как научная дисциплина. Центральные понятия. Становление и развитие, структура политической науки. Профессия политолога. Биографические сведения о выдающихся политиках и учёных-политологах прошлого. Политическая власть, формы и категории власти. Политический режим. Человек как субъект политики, политического поведения. Разновидности политического участия. Политическая культура. Внешняя политика. Политология и социология, политология и психология: взаимодействие.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах:

дискутировать о сущности профессии политолога, о структуре политологии, аргументировать свою точку зрения; участвовать в обсуждении различных политических режимов и форм власти; формулировать и анализировать проблемы по изученной теме; вести неподготовленный диалог по общественно-политической тематике.

24. Тема 2. Государство

Сущность государства. Формы современного государства. Основные тенденции развития государственности в современном мире. Гражданское общество. Формы правления. Сферы деятельности государства. Государство и частная жизнь. Формирование человеческого капитала. Роль политической элиты. Обеспечение безопасности граждан. Цели государства. Государственно устройство Испании, стран Латинской Америки (ЛА). Геополитические интересы стран ЛА. Испания в современной системе международных отношений. Экспансия испанского языка в США, двуязычие. Роль католической церкви в странах ЛА. Внутренняя и внешняя политика стран ЛА- ключевые направления. Развитие отношений между странами ЛА и Россией.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной форме.; участвовать в обсуждении, излагать собственные суждения, обмениваться мнениями, участвовать в ситуационно-ролевой игре в виде пресс-конференции, выступить в том числе в роли переводчика; вести дискуссию в том числе с преподавателем по пройденным темам.

25. Тема 3. Глобальные проблемы человечества

Критерии выделения глобальных проблем. Социально-политические проблемы. Проблемы социально-экономической отсталости развивающихся стран. Обзор научных знаний об изменении климата. Мировой технический прогресс и проблемы экологии. Ресурсы. Глобализация. Интересы корпораций (на примере стран ЛА). Права человека. Миграция – социальный аспект. Межэтнические конфликты. Наркобизнес (на примере стран ЛА). Террористическая угроза. Религиозный терроризм. Иммиграция и демографические процессы. Демографические проблемы. Урбанизация. Система здравоохранения. Мировая продовольственная проблема. Негативное влияние биотехнологий на окружающую среду, человека и животных.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах:

взаимодействовать в группе для определения методов решения исследовательской проблемы, выбора источников информации, способов ее сбора и анализа; обмениваться мнением по постановке задач и обсуждении критериев оценки результатов, четко формулировать возможности исполнения поставленных задач; высказывать как можно большее количество вариантов, отстаивать свою позицию, достигать компромисса; вести

дискуссию по заявленным темам, учитывая тип адресата, адаптируя речь к ситуации общения.

26. Тема 4. Международные организации. Корпоративная этика в Испании и странах Латинской Америки

Определение и признаки международных организаций. Классификация. Африканский союз. Андское сообщество наций. Всемирная ассоциация операторов атомных электростанций. Международное агентство по атомной энергии. ВТО. ООН. БРИКС. МЕРКОСУР. Роль международных неправительственных организаций. Актуальные проблемы международных организаций. Корпоративная философия и корпоративная культура. Виды, принципы и приоритеты, функции корпоративной культуры. Формирование целевого образа корпоративной культуры. Взаимосвязь ценностей и корпоративной культуры со стратегией развития бизнеса и предпринимательства. Современные концепции корпоративной культуры. Формирование кодекса корпоративной культуры в бизнесе и предпринимательстве. Роль корпоративной культуры в развитии предпринимательства и бизнеса. Культура как бренд. Коммуникации корпоративной культуры.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах:

участвовать в обсуждении, инсценировать переговоры в команде (составить и подписать соглашение), вести круглый стол, диалогическое общение в официальной и неофициальной обстановке, проводить дебаты, ролевые игры и т.д.; дискутировать о философии корпоративной культуры в формировании целевого образа компании как бренда, приводить практические примеры; рассуждать о обсуждать роль корпоративной культуры в развитии предпринимательства и бизнеса на основе комплекса убеждений, ценностей и ожиданий; участвовать в обсуждении изменений современных концепций формирования и функций корпоративной культуры; делать сообщения о выборе стратегии и принципов выстраивания корпоративной культуры в известных компаниях-гигантах.

27. Модуль 1. Испанский язык для общих целей

28. Модуль 2. Испанский язык для академических целей

29. Модуль 3. Испанский язык для специальных целей

30. Модуль 4. Испанский язык для международного сотрудничества

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

История и философия культуры

Цель дисциплины:

Формирование у студентов комплексного представления о фундаментальных закономерностях развития современной культуры и овладение основными подходами к ее изучению.

Задачи дисциплины:

- Формирование целостного представления об основных проблемах и событиях мировой и отечественной культуры, особенностях этапов ее развития;
- выработка навыков творчески исследовать сложные, теоретически нагруженные, гуманитарные тексты, актуализировать их смыслы;
- выработка умения определять собственные позиции и аргументировано отстаивать их, используя вопросоответные процедуры;
- выработка навыков получения, анализа и обобщения исторической информации, умения логически мыслить;
- выработка умения использовать теоретический материал по научно-философскому осмыслению феномена культуры для формирования научно обоснованной теоретической и общемировоззренческой позиции обучающихся;
- выработка творческого мышления, самостоятельности суждений, интереса к отечественному и мировому культурному наследию, его сохранению и преумножению.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные концепции различных этапов развития философии культуры, особенности этих этапов;
- понятия и термины, относящиеся к истории и философии культуры;
- отличительные свойства различных этапов развития мировой философской мысли и отдельных философских течений;
- суть наиболее значимых проблем философии культуры и основные варианты их решения в различных школах.

уметь:

- использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции;
- получать, понимать, изучать и критически анализировать научную информацию по тематике исследования и представлять результаты исследований;
- критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости профиль профессиональной деятельности;
- планировать и осуществлять свою деятельность с учетом результатов этого переосмысления.

владеть:

- способностью использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции;
- способностью к самоорганизации и самообразованию;
- навыками письменного аргументированного изложения собственной точки зрения;
- навыками критического восприятия информации;
- базовой терминологией и понятийным аппаратом в области истории и философии культуры.

Темы и разделы курса:**1. Предмет и метод истории и философии культуры**

Понятие «философия культуры». Предмет философии культуры, ее актуальность и назначение. Особенность философской методологии в исследовании культур. Творческий характер философии культуры. Культура как путь самосознания человечества. Культура и мировоззрение. Классификация концепций культуры. Культура как системно-целостное единство форм, способов, продуктов деятельности, институтов, процессов и тенденций человеческого бытия. Культура в социальной среде.

2. Формы и принципы истории и философии культуры

Принципы современной философии культуры. Особенности форм философско-культурологического познания. Время и пространство культуры.

Социокультурная парадигма.

3. История становления и развития философии культуры

Место культуры в структуре современного знания о культуре, определение границы философии культуры и теории культуры. Культура как саморазвивающаяся система. Периоды развития культуры: Первобытная культура; Культура Древнего мира; Культура

Средних веков; Культура Возрождения или Ренессанса; Культура Нового Времени; Культура Новейшего Времени. Первобытность как культурный мир. Культурная роль собирательства, охоты, земледелия, скотоводства, ремесленничества. Расширяющийся мир духовной культуры. Круг проблем, рассматриваемых философией культуры. Основные этапы эволюции представлений в области философии культуры. Становление художественной культуры как синтеза материальной и духовной культуры. Становление полярностей в культуре и субкультуре. Тотальный разрыв культуры Нового времени с бытийной средой. Современная ситуация кризиса в культуре. «Новая телесность» в современной культуре. Границы «человеческого»/«технического». Феномен боли в контексте «новой телесности» и ее рефлексия в современном искусстве. Преломление идей медикализации в современной художественной культуре.

4. Методологические основания философии культуры

Понятие «метод», «методика», «методология». Частные, общенаучные и философские методы. Специальные методы в познании культуры. Философия культуры как методологический уровень культурологии. Комплекс философских методов изучения культуры. Образ культуры в зеркале системной и синергетической методологии.

5. Культура и природа

Культура как надприродная форма бытия. Экстравертность культуры по отношению к природе. Практические формы отношения культуры к природе. Способы производства, политика и практика природопользования, техникотехнологическое знание. Способы производства, политика и практика природопользования, техникотехнологическое знание. Диапазон форм отношения к природе: от обожествления природы и адаптации в ее реальностях до хищнического истребления и навязывания ей человеческой воли.

6. Культура и общество

Коммуникативная природа культуры. Способы, виды и формы общения. Массовые коммуникации в культуре. Субкультуры. Культура социальных институтов. Культура как свободная деятельность. Проблема взаимодействия и взаимообогащения культур. Культура как творчество и форма самореализации человека и человечества. Понятие «границ человеческого» в условиях современного гиперреального общества. Понятие виртуальной реальности и ее роль в формировании картины мира. Виртуализация человеческого существования в современном обществе и культуре.

7. Культура и человек

Создание мифов, религии и искусства; созидание теоретических образов мира (наука, философия, идеология). Человек как биосоциокультурное существо. Человек как творец и творение культуры. Ценностная природа человека. Языки культуры. Виртуализация человеческого существования в современном обществе и культуре. Нечеловеческое-человеческое.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

История и философия науки и технологий

Цель дисциплины:

Формирование у студентов комплексного представления о развитии технологий и научного знания, взаимосвязи научно-технологических достижений и политических, социально-экономических процессов, явлений в области религии, образования и культуры, получение систематизированных знаний об основных закономерностях и особенностях всемирно-исторического процесса и мирового и отечественного научно-технологического развития.

Задачи дисциплины:

- Формирование целостного представления об основных этапах научно-технологического развития человечества, особенностях этих этапов;
- выработка навыков выстраивания причинно-следственных связей между изменениями в жизни исторических обществ и их технологическими достижениями;
- выработка понимания места и роли области деятельности выпускника в общественном развитии, взаимосвязи с другими социальными институтами;
- выработка навыков получения, анализа и обобщения исторической информации, умения логически мыслить;
- выработка творческого мышления, самостоятельности суждений, интереса к отечественному и мировому культурному и научному наследию, его сохранению и преумножению.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные этапы научно-технологического развития человечества, особенности этих этапов;
- понятия и термины, относящиеся к истории науки и технологий;
- основные проблемы и историографические концепции истории науки и технологий.

уметь:

- анализировать проблемы истории научно-технологического развития России и мира, устанавливать причинно-следственные связи между событиями и процессами;
- составлять рефераты по заданной тематике;
- правильно оценивать и отбирать нужную информацию, анализировать, систематизировать и обобщать ее;
- планировать и осуществлять свою деятельность с учетом результатов этого анализа.

Владеть:

- представлениями о ключевых событиях российской и всемирной истории, связанных с основными научно-технологическими изменениями;
- навыками анализа исторических источников;
- навыками письменного аргументированного изложения собственной точки зрения;
- навыками критического восприятия информации;
- базовой терминологией и понятийным аппаратом в области истории науки и технологий России и мира.

Темы и разделы курса:

1. Развитие науки и технологий в исторической перспективе: основные подходы к изучению.

История в системе социально-гуманитарных наук. Основы методологии исторической науки. История изучения и актуальные подходы к изучению научно-технического развития. Понятие технического, техники, технологии. Понятие науки. Представление о «нормальной науке» и «научной революции», «научном сообществе». Ученый и инженер как социальная роль, статус, профессия. Взаимосвязь и взаимовлияние научно-технологического развития и социальных, политических, экономических процессов.

2. Технологии первобытного общества и Древнего мира.

Сельскохозяйственная революция как первая технологическая революция в истории. Роль зернового земледелия. Природно-географические факторы развития первых цивилизаций и дискуссии о концепции сельскохозяйственной революции Дж. Даймонда и Дж. Скотта.

Научные и технологические знания в античном мире, Аристотель как «первый ученый»? Дискуссии о роли церкви и богословия в развитии научных познаний в Западной Европе, влияние космогонии и физики Аристотеля в Средние века. Проблема европоцентризма в изучении истории науки и техники. Рецепция наследия античности в арабском мире и влияние арабской науки в средневековой Европе. Знания и технологии в Древнем Китае. «Парадокс Нидхэма».

3. Наука и технологии на пороге Нового времени.

Рождение науки в современном понимании, ее теоретические и институциональные основания. Придворное общество и патронаж как факторы развития науки. Галилео Галилей при дворе Медичи. Размежевание научного и «ненаучного»: роль и место алхимии в развитии раннего научного знания. Становление и институционализация эксперимента как способа производства, доказывания и презентации научных знаний. Эксперименты Р.Бойля. Проблема прикладной применимости ранних научных знаний. Научное знание в России от Петра I до Екатерины II, рождение Академии наук.

«Революция в военном деле»: от изобретения пороха до массового использования огнестрельного оружия. Проблема низкой эффективности раннего огнестрельного оружия. Организационные инновации в военном деле. Почему «революция в военном деле» произошла в Западной Европе, а не в Китае? Влияние перехода к массовому использованию огнестрельного оружия на становление современной бюрократии: концепция «военно-фискального государства» и преобразования Петра I в России.

У истоков промышленной революции: паровой двигатель. Первые попытки использования парового двигателя в Западной Европе и России. Проблема разрыва между научным знанием и технологиями на раннем этапе промышленной революции. Эпоха Просвещения и «промышленное Просвещение». Экономический и институциональный контекст внедрения парового двигателя в Англии. Предпосылки для возникновения промышленной революции.

4. Наука и технологии в XIX столетии.

4. Наука и технологии в XIX столетии.

От кустарного к фабричному производству. Движение к стандартизации и взаимозаменяемости деталей в массовом производстве. Развитие оружейной промышленности в России и мире в XIX веке.

Изобретение исследовательского университета. Упадок классического университета в XVIII столетии. Наполеоновский университет. Гумбольдт и новая модель университета в контексте прусского политического проекта. От гумбольдтовского университета к становлению новой модели исследовательского университета в США. Рождение научной лаборатории, ее социальная организация и социальные преобразования. Развитие технического образования. Начало планирования науки, централизация научных учреждений, образования. Возникновение и эволюция технических наук. Университеты и университетская наука в императорской России. Д.И. Менделеев и его таблица в контексте становления современной науки.

Паровоз, пароход, телеграф: новые технологии транспорта, связи. Социальное конструирование технологий и их социально-экономическое, культурное влияние. Технологическое развитие и европейский колониализм XIX века.

5. Основные проблемы научно-технического развития в XX – начале XXI в.

Научно-техническая революция XX века: основные контуры. Первая мировая война и ее влияние на развитие науки и техники. Форсированная индустриализация в СССР и становление советской модели организации науки. Наследие царского времени, советские инновации и международные модели. Научно-исследовательский институт как форма организации научной деятельности в СССР.

Феномен «большой науки» в мире и СССР в послевоенный период: институциональные аспекты. Доклад В. Буша (Science, the Endless Frontier) в США. Особенности организации научно-технологического комплекса в СССР: роль Академии наук, вузов, отраслевых институтов. «Холодная война», гонка вооружений и научно-техническое развитие. Советская физика. Советский атомный проект.

Наука и технологии в советском обществе и культуре. Советская научно-технической интеллигенции: от «старых» спецов к служащим советского государства. Ученый и инженер как массовая профессия в послевоенный период. Феномен «наукоградов», новосибирский Академгородок. Наука и техника в советской массовой культуре.

От технологического энтузиазма к критике научно-технического прогресса в мире в послевоенный период. Доклад Римскому клубу «Пределы роста». Экологическое движение в мире и в СССР. Устойчивое развитие. Постколониализм.

Трансформация научно-технологической сферы к концу XX века. Понятие инноваций, цикл и формы организации инновационного процесса. Наука в эпоху глобализации. Новый менеджериализм в науке и высшей школе, его критика. Советские НТР в позднесоветский и постсоветский период: институциональные, организационные и профессиональные преемственности и трансформации.

Новые технологии XXI века и связанные с ними этические и социальные вызовы. Цифровые технологии и основные тенденции их развития. Когнитивный капитализм: знания и информация как важнейшие факторы современного производства. Цифровое неравенство, цифровые идентичности, онлайн сообщества, цифровые пространства. Киборги, постгуманизм, «умные» технологии и реконфигурации человеческой-нечеловеческой агентности.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

История России: философия российской государственности

Цель дисциплины:

Формирование у студентов комплексного представления об историческом развитии России, ее месте в мировой и европейской цивилизации, систематизированные знания об основных закономерностях и особенностях всемирно-исторического процесса, с акцентом на изучение истории России.

Задачи дисциплины:

- Знание движущих сил и закономерностей исторического процесса; места человека в историческом процессе, политической организации общества;
- понимание гражданственности и патриотизма как преданности своему Отечеству, стремления своими действиями служить его интересам, в т.ч. и защите национальных интересов России;
- понимание многообразия культур и цивилизаций в их взаимодействии, многовариантности исторического процесса;
- понимание места и роли области деятельности выпускника в общественном развитии, взаимосвязи с другими социальными институтами;
- выработка навыков получения, анализа и обобщения исторической информации, умения логически мыслить;
- творческое мышление, самостоятельность суждений, интерес к отечественному и мировому культурному и научному наследию, его сохранению и преумножению.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Основные закономерности исторического процесса;
- этапы исторического развития России, периодизацию и хронологию ее истории;
- место и роль России в истории человечества и в современном мире;
- основные факты, события, явления и процессы, ключевые даты, географические реалии и персоналии истории России в их взаимосвязи и в хронологической последовательности;
- понятия и термины, относящиеся к истории России;

– основные проблемы и историографические концепции отечественной истории.

уметь:

- Анализировать проблемы истории России, устанавливать причинно-следственные связи;
- анализировать и оценивать социальную и экономическую информацию;
- планировать и осуществлять свою деятельность с учетом результатов этого анализа;
- составлять рефераты по заданной тематике;
- правильно оценивать и отбирать нужную информацию, анализировать, систематизировать и обобщать ее.

владеть:

- Общенаучными и специальными историческими методами, способами и средствами исследований в области отечественной истории;
- представлениями о событиях российской и всемирной истории, основанными на принципе историзма;
- навыками анализа исторических источников;
- навыками письменного аргументированного изложения собственной точки зрения;
- навыками критического восприятия информации.
- базовой терминологией и понятийным аппаратом в области истории России.

Темы и разделы курса:

1. История в системе социально-гуманитарных наук. Источниковедение и историография истории России

Место истории в системе наук. Объект и предмет исторической науки. Роль теории в познании прошлого. Теория и методология исторической науки. Сущность, формы, функции исторического знания. История России – неотъемлемая часть всемирной истории: общее и особенное в историческом развитии. Основные направления современной исторической науки. Становление и развитие историографии как научной дисциплины. Источники по отечественной истории. Способы и формы получения, анализа и сохранения исторической информации. Факторы исторического развития: природно-климатический, этнический, экономический, культурно-политический. Хронология и периодизация мировой истории, ее варианты и принципы выделения этапов истории человечества, концепции исторического развития

2. Восточные славяне. Древняя Русь. Русские земли в XII – первой трети XIII в.

Заселение Восточной Европы. Северное Причерноморье в I тыс. до н.э. – начале I тыс.н.э. Славяне и Великое переселение народов (IV–VI вв.). Славянские племена в Европе и их соседи. Византия и народы Восточной Европы. Быт и хозяйство восточных славян.

Общественные отношения и верования. Славянский пантеон и языческие обряды. Проблемы этногенеза и ранней истории славян в исторической науке.

Становление русской государственности. Формирование союзов племен. Вече и его роль в древнеславянском обществе. Князь и дружина. Торговый путь «из варяг в греки». Легенда о призвании варягов и ее исторические основания.

Первые русские князья и их деятельность: военные походы и реформы. Дань и данничество.

Образование Древнерусского государства. Эволюция древнерусской государственности в XI–XII вв.: от единовластия до междоусобицы. Древнерусский город. Военные, дипломатические и торговые контакты Руси и Византии в IX–X вв. Владимир Святой. Введение христианства и его культурно-историческое значение.

Средневековье как стадия исторического процесса в Западной Европе, на Востоке и в России: технологии, производственные отношения и способы эксплуатации, политические системы. Феодализм Западной Европы и социально-экономический строй Древней Руси: сходства и различия. Властные традиции и институты в государствах Восточной, Центральной и Северной Европы в раннем средневековье. Соседи Древней Руси в IX–XII вв.: Византия, славянские страны, Западная Европа, Хазария, Волжская Булгария. Международные связи древнерусских земель. Культурные влияния Востока и Запада.

Древнерусское государство в оценках современных историков. Дискуссия о характере общественно-экономической формации в отечественной науке.

Ярослав Мудрый. «Русская правда». Власть и собственность. Основные категории населения. Князь и боярство. Истоки русской культуры. Становление национальной культуры. Устное народное творчество. Славянская письменность. Древнерусская литература.

Причины раздробленности. Междоусобная борьба князей. Крупнейшие земли и княжества Руси, их особенности. Великий Новгород. Хозяйственное, социальное и политическое развитие. Владимиро-Суздальское княжество. Роль городов и ремесла. Политическое устройство. Галицко-Волынское княжество. Земледелие, города и ремесло. Роль боярства. Объединение княжества при Романе Мстиславиче и Данииле Галицком

3. Монгольское завоевание и иго. Русские земли в XIII–XIV веках

Общественно-экономический строй монгольских племен. Образование монгольской державы. Причины и направления монгольской экспансии. Улус Джучи. Ордынское нашествие на Русь. Образование Золотой Орды, ее социально-экономическое и политическое устройство. Русь под властью Золотой Орды. Александр Невский и Даниил Галицкий. Имперский порядок. Иго и дискуссия о его роли в становлении Русского государства. Исламизация Орды и православная церковь.

Агрессия крестоносцев в прибалтийские земли. Рыцарские ордены. Борьба народов Прибалтики и Руси против крестоносцев. Разгром шведов на Неве. Ледовое побоище. Объединение литовских земель и становление литовского государства. Русские земли в составе Великого княжества Литовского.

Восстановление экономического уровня после нашествия монголо-татар. Формы собственности и категории населения. Князь, боярство, дворянство. Город и ремесло. Церковь и духовенство, еретические движения.

Русь и Золотая Орда в XIV в.: борьба за великое княжение. Экономическое и политическое усиление Московского княжества. Борьба Москвы и Твери. Иван Калита. Дмитрий Донской и начало борьбы за свержение ордынского ига. Битва на Воже. Куликовская битва и ее значение. Обособление западных территорий Руси. Великое княжество Литовское и Польша. Особое положение Новгородской республики. Отношения с Москвой

4. Московское государство в XVI–XVII вв.

Усиление Московского государства. Завершение процесса собирания восточных русских земель. Иван III. Присоединение Новгорода и других земель. Битва на р. Угре. Образование единого Русского государства. Политический строй. Формирование органов центральной и местной власти. Судебник 1497 г. Боярская дума. Государев двор. Приказы. Испомещивание как форма оплаты труда «чиновников». Организация войска. Церковь и великокняжеская власть. Борьба иосифлян и нестяжателей. Нил Сорский и Иосиф Волоцкий. Церковный собор 1503 г.

Территория и население России в XVI в. Василий III и его политика. Елена Глинская. Боярское правление. Венчание на царство Ивана Грозного, формирование самодержавной идеологии. Избранная Рада и ее реформы. Земский собор. Судебник 1550 г. Церковь и государство. Стоглавый собор. Военные преобразования.

Основные направления внешней политики Ивана IV. Включение в состав Руси Казанского, Астраханского ханства и начало присоединения Сибири. Укрепление позиций России на Кавказе. Отношения с Крымским ханством. «Дикое поле». Казачество. Борьба за выход к Балтийскому морю. Ливонская война (1558–1583 гг.). Образование Речи Посполитой (1569 г.).

Опричнина и причины ее введения. Опричный террор. Социально-экономические и политические последствия опричнины.

Федор Иоаннович. Внешняя политика России в конце XVI в. Учреждение патриаршества. Строительство укреплений на южных и западных рубежах. Проблема престолонаследия. Борис Годунов и его политика. Учреждение патриаршества.

Экологический кризис и восстания начала XVII в. XVII век – эпоха всеобщего европейского кризиса. Синхронность кризисных ситуаций в разных странах. Начало Смуты. Самозванцы. Участие Польши и Швеции в Смуте. Семибоярщина. Интервенция. Первое и второе ополчения. Кузьма Минин и Дмитрий Пожарский. Земский собор 1613 г. и начало правления Романовых.

Территория и население России в XVII в. Внутренняя и внешняя политика первых Романовых. Соборное уложение 1649 г. Юридическое оформление крепостного права и сословных функций. Городские восстания середины XVII столетия. Политический строй России. Развитие приказной системы. Падение роли Боярской думы и земских соборов. Особенности сословно-представительной монархии в России. Дискуссии о генезисе самодержавия. Реформы Никона и церковный раскол. Культурное и политическое значение. Крестьянская война под предводительством Степана Разина.

Основные направления внешней политики России в XVII в. Присоединение Левобережной Украины. Войны со Швецией и Турцией. Освоение Сибири и Дальнего Востока.

«Обмирщение» русской культуры в XVII в. Расширение культурных связей с Западной Европой. Создание школ. Славяно-греко-латинская академия. Новые жанры в литературе.

5. Россия и мир в XVIII–XIX веках: попытки модернизации и промышленный переворот

Процесс модернизации западного мира. Зарождение нового хозяйственного уклада в экономике. Петр I: борьба за преобразование традиционного общества в России. Основные направления «европеизации» страны. Эволюция социальной структуры общества. Развитие тяжелой и легкой промышленности. Создание Балтийского флота и регулярной армии. Церковная реформа. Провозглашение России империей. Усвоение европейской технической культуры и принципов эффективного государственного управления. Внешняя политика России при Петре I. Азовские походы. Великое посольство. Участие России в Северной войне. Ништадтский мир. Прутский поход. Укрепление позиций России в Причерноморье. Освещение петровских реформ в современной отечественной историографии.

Эпоха дворцовых переворотов. Екатерина I. Верховный Тайный совет. Петр II. «Затейка» верховников и воцарение Анны Иоанновны. Бироновщина. Политическая борьба и дворцовый переворот 1741 г. Социально-экономическая политика Елизаветы Петровны. Участие России в Семилетней войне. Правление Петра III. Дворцовый переворот 1762 г. и воцарение Екатерины II.

«Просвещенный абсолютизм» и его особенности в Австрии, Пруссии, России. Участие России в общеевропейских конфликтах — войнах за Польское и Австрийское наследство, в Семилетней войне. «Османский фактор» европейской политики; вклад России в борьбу с турецкой угрозой. Упрочение международного авторитета страны.

Екатерина II: истоки и сущность дуализма внутренней политики. «Просвещенный абсолютизм». Восстание под предводительством Емельяна Пугачева. Характер и направленность реформ Екатерины Великой. Новый юридический статус дворянства. Разделы Польши. Присоединение Крыма и ряда других территорий на юге. Внутренняя и внешняя политика Павла I. Русская культура в середине XVIII в. Идеи Просвещения и просвещенное общество в России. Достижения архитектуры и изобразительного искусства. Барокко и классицизм в России.

Территория и население империи. Особенности российской колонизации. Роль географического фактора в социально-экономическом и политическом развитии России. Национальный вопрос. Социальная структура. Дворянство. Духовенство. Городское население. Крестьянство. Казачество. Социальный и культурный разрыв между сословиями. Аристократическая культура и «культура безмолвствующего большинства».

Реформы начала царствования Александра I. Идейная борьба. М.М. Сперанский, Н.Н. Новосильцев, Н.М. Карамзин. Французская революция и её влияние на политическое и социокультурное развитие стран Европы. Отечественная война 1812 г. Россия в 1815–1825 гг. Конституционные проекты. Причины неудач реформ Александра I. А.А. Аракчеев. Военные поселения. Общественные движения и восстание декабристов. Значение победы России в войне против Наполеона и освободительного похода России в Европу для

укрепления международных позиций России. Российское самодержавие и «Священный Союз». Изменение политического курса в начале 20-х гг. XIX в.: причины и последствия.

Николай I. Смена политических приоритетов. Роль бюрократии. Официальный национализм. Консерватизм в государственно-правовой и идеологической сферах. Внутренняя политика Николая I. Российская правовая система. Свод законов Российской империи. Государство. Особенности российской монархии. Система министерств. Россия и христианские народы Балканского полуострова. Российская империя и мусульманские народы Кавказа. Кавказская война. Закавказье в политике Российской империи; борьба с Ираном за территории и влияние. Вхождение Закавказья в состав России. Россия и европейские революции 1830–1831 гг., 1848–1849 гг. Крымская война и крах «Венской системы».

Реформы Александра II. Крестьянский вопрос: этапы решения. Предпосылки и причины отмены крепостного права. Дискуссия об экономическом кризисе системы крепостничества в России. Отмена крепостного права и её итоги: экономический и социальный аспекты. Судебная, земская и военная реформы. Финансовые преобразования. Реформы в области просвещения и печати. Итоги реформ, их историческое значение. Либералы и консерваторы власти. Социалистические идеи в России. Российские радикалы: от нигилистов к бунтарям, пропагандистам и заговорщикам. От народнических кружков к «Народной воле». Правительственные репрессии и революционный террор. Убийство Александра II.

Промышленный переворот в Европе и России: общее и особенное. Утверждение полиэтничного и поликонфессионального государства. Российская экономика конца XIX – начала XX вв.: подъемы и кризисы, их причины. Доля иностранного капитала в российской добывающей и обрабатывающей промышленности. Завершение промышленного переворота. Изменения социальной структуры общества в условиях индустриального развития. Кризис дворянства и крестьянства. Формирование новых социальных слоев. Буржуазия и пролетариат.

Консервативный курс Александра III. Ограничение реформ. Ужесточение цензуры. Сословная и национальная политика правительства. Общественное движение: спад и новый подъем.

Отмена условий Парижского мира. «Союз трех императоров». Россия и Восток. Россия и славянский вопрос. Русско-турецкая война 1877–1878 гг. и ее результаты. Россия и европейские державы. Присоединение Средней Азии.

Поиск национально-политической идентичности. Славянофилы. Западники. Правительственная идеология и рождение теории «официальной народности». Развитие науки и техники в России в первой половине XIX в. Открытия и технические изобретения. Литература и книгоиздание. Стили и направления в литературе: сентиментализм, романтизм, реализм. Музыкальная культура. Живопись: от классицизма к романтизму и реализму. Архитектура. Театр. Великие реформы и русская культура. Перемены в системе образования: училища, школы, гимназии, университеты. Развитие науки и техники. Золотой век русской литературы. Просвещенный дворянин и «дикий» помещик. Значение дворянской культуры в истории России.

6. Россия в эпоху великих потрясений: 1900-е – 1930-е гг.

Россия в начале XX в. Противоречия «русского капитализма». Русско-японская война. Революция 1905-1907 гг. Становление российского парламентаризма. Государственная дума и Государственный совет. Экономические реформы С.Ю. Витте и П.А. Столыпина. Россия в системе международных отношений.

Россия в Первой мировой войне. Кризис власти в годы войны и его истоки. Февральская революция. Временное правительство и Петроградский Совет. Социально-экономическая политика новой власти. Кризисы власти. Большевицкая стратегия: причины победы. Октябрь 1917 г. Экономическая программа большевиков. Гражданская война и интервенция. Первые шаги советской власти. Становление новой правовой системы: от первых декретов до Конституции 1918 г. Экономические, социальные и политические аспекты политики «военного коммунизма». Кризис «военного коммунизма». Новая экономическая политика (нэп): сущность и направления. Гражданская война. Причины поражения антибольшевистских сил.

Основные направления общественно-политического и государственного развития СССР в 20–30-е годы. Возвышение И.В. Сталина. Форсированная индустриализация: предпосылки, источники накопления, метод, темпы. Политика сплошной коллективизации сельского хозяйства, ее экономические и социальные последствия

7. Великая Отечественная война. Ничто не забыто: преступления гитлеровского нацизма на территории СССР

СССР во второй мировой и Великой Отечественной войнах. Общество в годы войны. Партизанское движение. Основные этапы военных действий. Начальный этап войны. Московская битва. Сражения весны – лета 1942 г. Сталинградская и Курская битвы, коренной перелом в ходе войны. «Десять сталинских ударов» – сражения 1944 г. Операция «Багратион». Завершающий этап войны. Взятие Берлина.

Советское военное искусство. Героизм советских людей в годы войны. Роль советского тыла. Государственный строй. Милитаризация аппарата. Управление экономикой в военное время. Влияние довоенной модернизации экономики на ход военных действий. Решающий вклад Советского Союза в разгром фашизма. Тегеранская, Ялтинская, Потсдамская конференции.

Идеологические основы нацистских преступлений против человечности на оккупированных территориях Советского Союза. Идея «обеспечения жизненного пространства» в идеологии Третьего Рейха. Преступления против мирного населения на оккупированных советских территориях. Понятие геноцида. Процессы против гитлеровских преступников. Харьковский трибунал. Нюрнбергский трибунал и его значение. Преступления японских оккупационных сил на территории СССР, Токийский трибунал.

8. СССР во второй половине XX в. Россия в конце XX – начале XXI вв.

Восстановление народного хозяйства. Власть и общество в первые послевоенные годы. Приход к власти Н.С. Хрущева. Попытки обновления социалистической системы. Экономические реформы 1950-1960-х годов, причины их неудач. «Оттепель» в духовной

сфере. Значение XX и XXII съездов КПСС. Место СССР в послевоенном мире. Начало «холодной войны» и ее влияние на экономику и внешнюю политику. Карибский кризис (1962 г.). СССР в 1964–1985 гг. Теория развитого социализма. Попытки модернизации: реформа А.Н. Косыгина. Международное положение СССР. Война в Афганистане. Заключительный этап «холодной войны».

Причины и первые попытки всестороннего реформирования советской системы в 1980-е гг. Цели и основные этапы «перестройки». «Новое политическое мышление» и изменение геополитического положения СССР. Внешняя политика СССР в 1985–1991 гг. Конец «холодной войны». Распад СССР. Образование СНГ. Изменения экономического и политического строя в России 1990-х гг. Конституционный кризис в России 1993 г. и демонтаж системы власти Советов. Конституция РФ 1993 г. Военно-политический кризис в Чечне. Внешняя политика Российской Федерации в 1991–1999 г. Политические партии и общественные движения России на современном этапе. Россия и СНГ. Россия в системе мировой экономики и международных связей. Глобализация мирового экономического, политического и культурного пространства. Конец однополярного мира. Региональные и глобальные интересы России. Воссоединение Крыма с Россией и рост международной напряженности в 2010-х гг.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

История

Цель дисциплины:

Формирование у студентов комплексного представления об историческом развитии России, ее месте в мировой и европейской цивилизации, систематизированные знания об основных закономерностях и особенностях всемирно-исторического процесса, с акцентом на изучение истории России.

Задачи дисциплины:

- Знание движущих сил и закономерностей исторического процесса; места человека в историческом процессе, политической организации общества;
- понимание гражданственности и патриотизма как преданности своему Отечеству, стремления своими действиями служить его интересам, в т.ч. и защите национальных интересов России;
- воспитание нравственности, морали, толерантности;
- понимание многообразия культур и цивилизаций в их взаимодействии, многовариантности исторического процесса;
- понимание места и роли области деятельности выпускника в общественном развитии, взаимосвязи с другими социальными институтами;
- выработка навыков получения, анализа и обобщения исторической информации, умения логически мыслить;
- творческое мышление, самостоятельность суждений, интерес к отечественному и мировому культурному и научному наследию, его сохранению и преумножению.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Основные закономерности исторического процесса;
- этапы исторического развития России, периодизацию и хронологию ее истории;
- место и роль России в истории человечества и в современном мире;
- основные факты, события, явления и процессы, ключевые даты, географические реалии и персоналии истории России в их взаимосвязи и в хронологической последовательности;

- понятия и термины, относящиеся к истории России;
- основные проблемы и историографические концепции отечественной истории.

уметь:

- Анализировать проблемы истории России, устанавливать причинно-следственные связи;
- анализировать и оценивать социальную и экономическую информацию;
- планировать и осуществлять свою деятельность с учетом результатов этого анализа;
- составлять рефераты по заданной тематике;
- правильно оценивать и отбирать нужную информацию, анализировать, систематизировать и обобщать ее.

владеть:

- Общенаучными и специальными историческими методами, способами и средствами исследований в области отечественной истории;
- представлениями о событиях российской и всемирной истории, основанными на принципе историзма;
- навыками анализа исторических источников;
- навыками письменного аргументированного изложения собственной точки зрения;
- навыками критического восприятия информации.
- базовой терминологией и понятийным аппаратом в области истории России.

Темы и разделы курса:

1. История в системе социально-гуманитарных наук. Основы методологии исторической науки.

Место истории в системе наук. Объект и предмет исторической науки. Роль теории в познании прошлого. Теория и методология исторической науки. Сущность, формы, функции исторического знания. История России – неотъемлемая часть всемирной истории: общее и особенное в историческом развитии. Основные направления современной исторической науки. Становление и развитие историографии как научной дисциплины. Источники по отечественной истории. Способы и формы получения, анализа и сохранения исторической информации. Факторы исторического развития: природно-климатический, этнический, экономический, культурно-политический. Хронология и периодизация мировой истории, ее варианты и принципы выделения этапов истории человечества, концепции исторического развития.

2. История первобытного общества. Цивилизации Древнего Востока. История античного мира.

Антропогенез, история антропологии и современные представления о появлении и развитии сапиенсов. Природно-географические условия формирования рода Номо. Появление видов в роде Номо, дискуссия о причинах их вымирания. Материальная культура сапиенсов и других разумных видов. Роль археологии и изучения древней ДНК в исследованиях проблем истории первобытного человека и первобытного общества. Палеолит, мезолит и неолит, их особенности в разных регионах.

Предмет истории Древнего Востока и понятийный аппарат. Типология древневосточных цивилизаций. Хронология и периодизация. Становление и развитие египтологии в XIX–XX вв. Природные условия Древнего Египта. Эволюция египетского языка и виды египетской письменности. Принципы периодизации истории и хронология Древнего Египта. Основные типы источников. Додинастический период. «Классическая» теория образования государства в Египте. Современные теории политогенеза в Египте во второй пол. IV тыс. до н.э. Раннее царство (I–II династии). Объединение Египта в единое государство. Древнее царство (III–VIII династии). Начало абсолютизации царской власти в период правления Нечерхета (Джосера). Начало возведения пирамид при Снофру и его дальнейшая трансформация. Египетская экономика в период Древнего Царства: царские, храмовые и вельможные хозяйства. Причины краха Древнего Царства и его последствия. Среднее Царство. Гиксосы, характер их проникновения в Египет и этнический состав. Формирование египетского «империализма» при первых фараонах XVIII династии (Аменхотеп I, Тутмос I, Тутмос II). Религиозная реформа Аменхотепа IV, возможные причины. Войны Рамсеса II, хеттско-египетские конфликты и взаимоотношения. Переход к обороне рубежей Египта в правление Мернептаха. Вторжения ливийцев и «народов моря», их роль в кризисе цивилизаций бронзового века. Первое упоминание Израиля при Мернептахе. Рамсес III и войны египтян против ливийцев и «народов моря» второй волны. Распад Египта на два государства с центрами в Танисе и Фивах. Египет Позднего царства (XXII – XXX династии). Децентрализация Египта в IX – VIII вв. до н.э. (XXII – XXIII династии). Завоевание Ассирией Египта в 671 г. до н.э. Египет под властью XXVI династии и «саисское возрождение». Внешняя политика Египта при правителях XXVI династии. Связи Египта с Грецией. Завоевание Египта Камбисом в 525 г. до н.э. Египет в составе державы Ахеменидов и восстания египтян против персидского господства. XXX династия и обретение Египтом независимости в первой пол. IV в. до н.э. Второе персидское завоевание Египта в 343 г. до н.э. Завоевание Египта Александром Македонским в 332 г. до н.э. Религия и культура Египта в I тыс. до н.э. Египетское общество I тыс. до н.э. и перемены в его мировоззрении.

Древняя Месопотамия. Природные условия Двуречья и их влияние на формы государственных образований в Южной и Северной Месопотамии. Этническая характеристика и языки народов, населявших Месопотамию. Принципы периодизации истории и хронология месопотамских цивилизаций. Основные типы источников. Неолитическая революция, заселение Месопотамии. Древнейшие протогорода Месопотамии и их создатели. Завоевание шумерами Месопотамии. Происхождение письменности в Месопотамии. Древневосточный город. Раннединастический период. Особенности ранних государственных образований в Месопотамии (структура власти, функции жреца-правителя, роль общинных институтов власти). «Эпос о Гильгамеше» как источник по истории Двуречья. Законы Урунимгины. Объединение Южного Двуречья. Аккадское царство. Эпоха Саргонидов. Завоевательные походы Саргона. Возвышение I

династии Вавилона при Хаммурапи и борьба Вавилона за гегемонию в Месопотамии. Законы Хаммурапи. Касситская Вавилония и Ассирия. Возвышение Ассирии при Ашшур-убаллите I и формирование основных направлений завоевательной политики Ассирии. Упадок Ассирии в XII в. до н.э. и краткое возвышение при Тиглатпаласаре I. Завоевательные походы Ашшурнацирапала II и превращение Ассирии в мировую державу. Усиление Урарту и упадок Ассирии в 80-х – начале 40-х гг. VIII в. до н.э., гражданская война в Ассирии. Возвышение Ассирии при Тиглатпаласаре III (745 – 727 гг. до н.э.). Административная и военная реформа, создание профессиональной армии.

Ассирия в VII в. до н.э. Нововавилонское царство. Восточное Средиземноморье в III-I тыс. Малая Азия и Закавказье. Иран и сопредельные территории. Финикия, Сирия и Палестина в III – II тыс. до н.э. Финикия в I тыс. до н.э. История Израиля догосударственного периода III-II тыс. до н.э. Израиль в I тыс. до н.э. Хеттское царство. Малая Азия и Закавказье в I тыс. до н.э. Хурритский мир II – I тыс. до н.э. Доиранский период. Элам. Держава Ахеменидов. Эпоха греко-персидских войн при Дарии и Ксерксе.

Особенности развития цивилизации Древней Индии. Природно-географические условия Индии. Источники по истории Древней Индии. Древнеиндийская письменность и алфавит. Цивилизация долины Инда. Мохенджо-Даро и Хараппа. Города Хараппской цивилизации: планировка, строительное дело; стандартизация построек, водоснабжение и канализация. Экономика: земледелие, скотоводство и ремесла. Причины крушения Индской цивилизации. Арии в Индии. Общий индоиранский период в развитии иранцев и индийцев. Прародины иранцев, индоариев. «Авеста» и «Ригведа»

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Калибровочные теории в физике элементарных частиц

Цель дисциплины:

Изучение калибровочных теорий поля, которые являются основой Стандартной Модели физики элементарных частиц.

Задачи дисциплины:

Освоение теоретико-групповых методов, освоение техники построения калибровочно-инвариантных теорий поля, изучение структуры Стандартной Модели физики элементарных частиц.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Структуру и симметрии Стандартной Модели физики элементарных частиц.

уметь:

Строить калибровочно-инвариантные теории поля, вычислять вероятности процессов с участием калибровочных бозонов, а также квази-упругого и глубоко-неупругого рассеяния адронов.

владеть:

Навыками освоения большого объема информации, навыками самостоятельной работы.

Темы и разделы курса:

1. Бозонный сектор Стандартной Модели.

Частичное нарушение калибровочной симметрии: бозонный сектор Стандартной Модели.

2. Глобальные симметрии кварков и лептонов.

Глобальные симметрии Стандартной Модели. C-, P- и T- преобразования.

3. Калибровочный принцип в электродинамике.

Действие электромагнитного поля. Калибровочная инвариантность. Выбор калибровки. Калибровочно-инвариантное взаимодействие. Теорема Нетер.

4. Механизм Хиггса.

Пример абелевой модели. Неабелев случай: модель с полностью нарушенной $SU(2)$ -симметрией.

5. Неабелевы калибровочные поля.

Неабелевы глобальные симметрии. Неабелева калибровочная инвариантность и калибровочные поля на примере группы $SU(2)$. Обобщение на другие группы. Уравнения поля. Задача Коши и условия калибровки.

6. От кварков к квантовой хромодинамике.

Свойства сильных взаимодействий. Асимптотическая свобода и режим сильной связи. Связанные состояния. Конфайнмент. Легкие кварки. Тяжелые кварки. Киральная симметрия.

7. Процессы с участием адронов.

Квази-упругое рассеяние. Глубоко-неупругое рассеяние: партоны. Мягкое неупругое рассеяние: мезоны малой энергии. Смешивание нейтральных мезонов.

8. Спонтанное нарушение глобальной симметрии.

Спонтанное нарушение дискретной симметрии. Спонтанное нарушение глобальной $U(1)$ симметрии: нambu-голдстоуновский бозон. Частичное нарушение симметрии: модель $SO(3)$. Общий случай. Теорема Голдстоуна.

9. Фермионный сектор Стандартной Модели.

Фермионный сектор Стандартной Модели.

10. Фермионы во внешних полях.

Фермионный сектор Стандартной Модели.

11. Экспериментальные следствия электрослабого сектора Стандартной Модели.

Электрон-позитронная аннигиляция в адроны. Процессы в t -канале: кроссинг-симметрия. Интерференция: рассеяние Мёллера.

12. Элементы теории групп и алгебр Ли.

Группы и алгебры Ли. Представления групп и алгебр Ли. Компактные группы и алгебры Ли.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Квазиоптика наноструктур и наноматериалов

Цель дисциплины:

Целью дисциплины является овладение обучающимися методами конструирования и сборки оптических схем для исследования свойств наноструктур и наноматериалов. Предполагается освоение культуры современного оптического эксперимента, а также техники безопасности при работе с оптическим излучением и бережного обращения с оптическим оборудованием. Решенные в данном практикуме задачи могут быть в дальнейшем адаптированы для исследования свойств новых наноструктур в исследовательской деятельности студентов после прохождения данного курса. При выполнении лабораторных работ обучающиеся научатся грамотному оформлению результатов экспериментов, их последующей обработке, а также представлению результатов для оценки преподавателем. Результаты будут обрабатываться с учетом возможных ошибок и погрешностей оптического эксперимента. В данном лабораторном практикуме будут представлены особенности изготовления наноструктур, а также их параметры, необходимые для исследования оптическими методами. Студенты получают начальные компетенции для работы с комплексным научным оборудованием, основанным на оптических методах. При выполнении лабораторных работ данного практикума у студентов будет выявлена склонность к экспериментальной работе, что позволит им подготовиться к выполнению исследовательских проектов в научных лабораториях. Предполагается развитие творческих навыков постановки научных задач.

Задачи дисциплины:

1. Сборка интерференционных схем Маха-Цендера, Майкельсона и Фабри-Перо, а также вариаций на их основе с использованием оптических компонент.
2. Применение интерференционных схем для решения задач оптического определения расстояний, толщины прозрачных объектов и длины волны когерентного оптического излучения; тестирования оптических компонент; определения показателя преломления сред, в том числе зависимостей показателя преломления солевого раствора от температуры и концентрации соли.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

1. Основные оптические методы исследования наноструктур и наноматериалов.

2. Основные объекты и явления, исследование которых возможно оптическими методами.
3. Научные задачи, над которыми работают в оптических лабораториях - партнерах образовательной программы.
4. Технику безопасности и правила работы с оптическим научным оборудованием.

уметь:

1. Собирать из оптических компонент интерференционные схемы с использованием когерентных монохроматических и широкополосных источников излучения.
2. Юстировать оптические схемы, собранные из различных оптических компонент.
3. Определять оптическими методами расстояния, толщины прозрачных объектов и длину волны когерентного оптического излучения; тестировать оптические компоненты; определять показатель преломления сред.
4. Планировать эксперимент для решения научной задачи с использованием оптических методов.
5. Собирать, обрабатывать и представлять результаты оптического эксперимента. При этом учитывать возможные ошибки и погрешности эксперимента.
6. Использовать теоретические модели для описания диэлектрической проницаемости различных материалов.

владеть:

1. Экспериментальными оптическими методами решения научных задач, использующими явление интерференции, включая понятийный аппарат и технику сбора оптических схем.
2. Методами анализа и обработки экспериментальных данных, получаемых оптическими методами.

Темы и разделы курса:

1. Оптическое измерение расстояний

Изучение работы интерферометра Майкельсона. Исследование интерференционной картины в зависимости от расстояния до подвижного зеркала.

2. Определение длины волны терагерцового излучения

Изучение работы интерферометра Фабри-Перо. Измерение длины волны излучения с помощью интерферометра и определение резкости и контраста интерференционной картины.

3. Тестирование оптических компонент

Исследование поляризации электромагнитного излучения миллиметрового диапазона с помощью квазиоптических методов. Изучение работы сетки в качестве анализатора излучения.

4. Определение показателя преломления полупроводника

Целью работы является определение диэлектрических параметров n и k . Метод состоит в измерении коэффициентов пропускания и отражения. С помощью анализа величин этих коэффициентов определяется показатель преломления вещества.

5. Определение показателя преломления прозрачной среды

Эксперимент посвящен одному из методов определения показателя преломления прозрачного материала в миллиметровом диапазоне длин волн - с помощью измерения интенсивности при прохождении через пластинки переменной толщины из этого материала.

6. Интерферометры с широкополосным и монохроматическим источниками света

В этой работе изучается интерферометр Маха-Цандера. Цель работы состоит в реализации оптической схемы, ее настройки и последующем изучении.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Квазиоптические измерения на миллиметровых волнах

Цель дисциплины:

Развитие практических навыков работы с оптическими и квазиоптическими схемами экспериментальных установок, методиками сбора, обработки и интерпретации экспериментальных данных.

Задачи дисциплины:

Сборка квазиоптических схем, сбор, обработка и анализ экспериментальных данных, определение физических причин отклонения наблюдаемых в эксперименте эффектов от теории.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

принципы работы с оптическим и квазиоптическим оборудованием.

уметь:

собирать и отлаживать квазиоптические схемы, проводить измерения, обрабатывать и анализировать экспериментальные данные, интерпретировать данные и объяснять наблюдаемые эффекты.

владеть:

навыками работы в специализированном ПО для обработки, анализа и представления.

Темы и разделы курса:

1. Интерферометр Фабри-Перо

Цель эксперимента - изучение работы интерферометра Фабри-Перо (ИФП), измерение длины волны излучения с помощью интерферометра и определение его резкости и контраста. Предлагается два способа измерения длины волны. Исследуется отклонения

интерференционной картины от теоретической и особенности в области малого уровня сигнала.

2. Исследование и преобразование типа поляризации миллиметрового излучения

В рамках данного эксперимента выполняется ряд упражнений по исследованию поляризации электромагнитного излучения миллиметрового диапазона, используя квазиоптические методы. Изучается характеристика излучения на выходе генератора, разрабатывается оптимальный алгоритм настройки квазиоптической схемы для получения круговой поляризации с заданным качеством.

3. Дифракционная решетка

Цель эксперимента - изучение дифракции электромагнитных волн миллиметрового диапазона на системе эквидистантных щелей в плоском непрозрачном экране (дифракционная решетка) и определение длины волны излучения с помощью решетки. Исследуются отклонения дифракционной картины от теории. Полученная величина длины волны сравнивается (с учетом погрешности) с длиной волны из эксперимента №1.

4. Интерферометрическое определение коэффициента преломления плавленого кварца на миллиметровых волнах

Эксперимент посвящен одному из интерферометрических методов определения показателя преломления прозрачного материала на миллиметровых волнах — с помощью измерения пропускания пластинки переменной толщины из этого материала. В качестве образца выбран плавленый кварц. Исследуется влияние аттенюатора на интерференционную картину.

5. Интерферометр Маха-Цандера: измерения коэффициента преломления

Исследуется коэффициент преломления плавленого кварца с помощью интерферометра Маха-Цандера. Полученный коэффициент сравнивается с значением, полученным в предыдущем эксперименте и с литературными данными.

6. Моделирование дифракции рентгеновских лучей в миллиметровом диапазоне длин волн

Целью работы является моделирование рентгеновской дифракции в кристалле в миллиметровом диапазоне длин волн. Роль «кристалла» играет пространственная решетка, состоящая из параллельных металлических проволок. Проекция проволок на перпендикулярную плоскость образуют квадратную решетку. Задачей обработки данных является идентификация отвечающих основных пиков дифракционной картины и соответствующих им кристаллографических плоскостей.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Квантовая информатика. Сложные системы

Цель дисциплины:

Дать студентам знания, необходимые для описания различных явлений в сложных объектах квантовой информатики методами теоретической физики, методы построения соответствующих математических моделей, показать соответствие системы постулатов, положенных в основу теории квантовой обработки информации в сложных системах, существующим экспериментальным данным, что позволяет считать теорию достоверной в области её применимости. Дать навыки, позволяющие понять как адекватность теоретической модели соответствующей динамике квантовых информационных систем, так и её пределы применимости.

Задачи дисциплины:

- изучение математического аппарата теории квантовой информации открытых систем;
- изучение методов решения задач определения динамики квантовой информации;
- изучение методов описания и количественного оценивания уровней декогерентности квантовых регистров, взаимодействующих с внешними квантовыми объектами;
- овладение студентами методами квантовой информатики для описания свойств различных конкретных открытых квантовых вычислительных систем.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

-основные принципы описания открытых квантовых систем

-основные принципы описания процесса декогерентности квантового компьютера

-основные принципы теории меры декогерентности многокубитовых квантовых регистров

-основные принципы теории открытых квантовых систем применительно к полупроводниковым квантовым битам

уметь:

- находить динамику состояния квантовых битов, взаимодействующих с окружением
- выбирать подходящие способы описания неунитарной квантовой динамики состояния квантового регистра
- находить оптимальные способы проведения квантовой обработки информации для конкретных твердотельных квантовых битов

владеть:

- методами вычисления матрицы плотности квантовых битов, взаимодействующих с окружением
- основными методами математического аппарата открытых квантовых систем
- методами определения уровня декогерентности твердотельных квантовых компьютеров

Темы и разделы курса:

1. Взаимодействие квантового компьютера с окружением. Матрица плотности

Приводится описание взаимодействия квантового компьютера с окружением в форме общего гамильтониана всей системы, включая окружение. Дается определение матрицы плотности и её связь с состоянием квантовой системы. Рассматриваются основные свойства матрицы плотности, взятие частичного следа по переменным окружения.

2. Динамика конечномерных открытых квантовых систем

Анализ уравнение эволюции квантового состояния большой системы: квантовый компьютер и окружение. Вывод эволюции матрицы плотности квантового компьютера из уравнения эволюции квантового состояния большой системы. Процессы дефазировки и релаксации матрицы плотности.

3. Марковское приближение

Марковское приближение. Уравнение эволюции для матрицы плотности в марковском приближении. Область и условия применимости марковского приближения.

4. Мера декогерентности квантового компьютера

Критический анализ использования T1, T2-приближения, энтропии, меры совпадения и других критериев для анализа уровня потока ошибок в квантовом компьютере. Операторная мера отклонения матрицы плотности от идеального состояния. Мера декогерентности квантового компьютера: субаддитивность, независимость от базиса, асимптотическая аддитивность.

5. Полупроводниковый кубит на двойной квантовой точке

Устройство полупроводникового кубита на двойной квантовой точке. Технологические приёмы ограничения пространственных степеней свободы носителей заряда в гетероструктурах. Эффективный гамильтониан одного кубита.

6. Основные причины декогерентности в полупроводниковых наносистемах

Акустическая ветвь колебаний кристаллической решётки. Деформационное электрон-фононное взаимодействие. Пьезоэлектрическое электрон-фононное взаимодействие. Взаимодействие электронов с электромагнитным полем.

7. Мера декогерентности зарядового полупроводникового кубита

Фононы как основной фактор декогеренции в двойных квантовых точках, используемых в качестве кубитов. Мера декогерентности зарядового полупроводникового кубита в режиме выполнения фазового вращения. Мера декогерентности зарядового полупроводникового кубита при туннелировании из одной квантовой точки в другую.

8. Квантовые блуждания

Квантовые блуждания в физических системах. Квантовое блуждание по конечным графам. Квантовое блуждание, как одна из базовых процедур, обеспечивающих вычислительное ускорение в процессах квантовой обработки информации.

9. Квантовое блуждание по графу в открытой системе

Квантовое блуждание по графу в открытой системе. Воздействие наблюдателей на узлы графа. Динамика матрицы плотности при квантовых блужданиях в открытой системе.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Квантовая механика (АНК)

Цель дисциплины:

дать студентам знания в области описания различных квантовых физических явлений и методы построения соответствующих математических моделей, показать соответствие и непротиворечивость системы постулатов, положенных в основу квантовой теории, существующим экспериментальным данным, что позволяет считать теорию достоверной. Дать навыки, позволяющие понять адекватность теоретической модели соответствующему физическому явлению.

Задачи дисциплины:

- изучение свойств точно решаемых задач-моделей квантовомеханических систем;
- изучение приближенных методов решения задач квантовой механики;
- изучение методов описания сложных систем, в том числе систем тождественных частиц;
- овладение методами квантовой механики для описания свойств различных физических систем.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- постулаты и принципы квантовой механики, методы описания квантовых систем, связь состояний и операторов с наблюдаемыми и измеряемыми величинами;
- основные свойства точно решаемых моделей квантовых систем;
- основные приближенные методы решения задач квантовой механики: квазиклассическое приближение; стационарную и нестационарную теорию возмущений;
- методы описания сложных и незамкнутых квантовых систем;
- методы и способы описания систем тождественных частиц в квантовой теории;
- методы описания рассеяния частиц; описание взаимодействия электромагнитного излучения с квантовыми системами зарядов.

уметь:

- определять энергетические спектры и волновые функции в одномерных случаях;
- определять средние значения (физические величины) квантовых систем, если известны их волновые функции;
- определять состояния и классифицировать энергетические спектры частицы в симметричных потенциалах, в частности, обладающих аксиальной и центральной симметрией;
- применять квазиклассическое приближение для оценки уровней энергии и вероятностей прохождения в одномерных потенциалах;
- применять стационарную теорию возмущений для нахождения поправок к уровням энергии и волновым функциям;
- применять нестационарную теорию возмущений для нахождения вероятностей переходов между состояниями;
- решать задачи о нахождении состояний и энергетического спектра систем многих, в том числе тождественных, частиц;
- вычислять дифференциальные сечения рассеяния частиц различными потенциалами;
- определять возможные оптические переходы между состояниями систем зарядов и оценивать времена жизни возбужденных состояний.

владеть:

- основными методами решения задач о нахождении состояний и энергетических спектров различных квантовых систем;
- навыками теоретического анализа реальных задач, связанных со свойствами микроскопических и наносистем, обладающих как дискретным, так и непрерывным спектрами.

Темы и разделы курса:

1. Квазиклассика.

Уравнение Шредингера для амплитуды и фазы волновой функции, стационарные состояния и разложение фазы в ряд по постоянной Планка в одномерной задаче. Критерий применимости квазиклассического приближения. Виртуальные частицы.

Условия сшивки квазиклассических решений возле точки поворота, правило квантования Бора-Зоммерфельда, нормировка волновой функции, плотность связанных состояний, коэффициент прохождения потенциального барьера Семинар.

Притяжение в системах ион-атом, атом-атом. Эффект Штарка на возбужденном состоянии атома водорода ($n=2$).

Двухуровневая система.

2. Физические основы квантовой механики.

Корпускулярно-волновой дуализм. Принцип суперпозиции, амплитуда вероятности.

Семинары

Уровни энергии в одномерных потенциальных ямах.

3. Теория возмущений.

Стационарная теория возмущений, невырожденный и вырожденный случаи, критерий применимости.

Сдвиг основного уровня атома водорода за счет конечного размера протона. Бета-распад иона трития и вероятности образования основного и первого возбужденного состояний иона гелия-3.

4. Постулаты квантовой механики.

Полный набор наблюдаемых. Базис состояний. Средние значения наблюдаемых.

Уравнение Шредингера. Гамильтониан и эволюция системы.

Волновой пакет. Одновременное точное измерение физических величин.

Коммутатор и соотношение неопределенностей. Импульсное представление.

Поток вероятности. Представление Гейзенберга.

5. Стационарная теория возмущений.

Стационарная задача: ряд по малой константе связи возмущения, рекуррентные формулы для поправок энергии и к состояниям, критерий применимости теории возмущений, вырожденный случай и правильные волновые функции ведущего приближения, секулярное уравнение.

6. Математический аппарат квантовой механики.

Вектор состояния. Наблюдаемые величины. Собственные вектора и собственные значения эрмитовых операторов.

Семинар. Упражнения на эрмитово сопряжение операторов и простейшие коммутаторы. Коэффициенты отражения и прохождения.

7. Производная оператора по времени.

Теоремы Эренфеста. Скобки Пуассона и коммутаторы.

Семинар.

Вращения спинора и собственные состояния проекции спина.

8. Нестационарная теория возмущений, представление взаимодействия, квантовые переходы в первом порядке по возмущению, золотое правило Ферми.

Поправки на ангармоничность осциллятора. Электрическая поляризуемость атома водорода.

9. Свойства одномерного движения. Дискретный и непрерывный спектр.

Вид потенциала, двукратное вырождение в непрерывном спектре, невырожденность в случае ограниченного движения, связанные состояния частицы в потенциале, Дискретный спектр, осцилляторная теорема, задача рассеяния, Соотношения взаимности для коэффициентов прохождения и отражения, сохранение потока вероятности, бесконечно узкая яма

конечной площади и скачок производной, трансляции и квазиимпульс, функции Блоха, номер зоны.

10. Симметрии и законы сохранения.

Генераторы непрерывных симметрий. Дискретные симметрии.

Семинар.

Спин 1.

11. Момент импульса

Операторное квантование момента импульса. Сферические функции.

Семинар:

Уровни Ландау.

12. Сложение моментов.

Преобразование составных величин при вращениях и задача о сложении моментов двух подсистем. Базис состояний суммарного момента. Матричные элементы неприводимых тензорных операторов и правила отбора.

Семинар.

Спин во вращающемся магнитном поле.

13. Атом в магнитном поле.

Слабые и сильные поля, эффект Зеемана, диамагнетизм и парамагнетизм атомов.

Семинары.

14. Спин.

Спин $\frac{1}{2}$. Матрицы Паули. Уравнение Паули.

Семинар.

Квант магнитного потока.

15. Осциллятор.

Вычисление коммутаторов и средних с моментом количества движения.

16. Сложный атом.

Самосогласованное поле, определитель Слетера, правила Хунда, термы.

Семинары.

Частицы в ящике. Распад ядра бериллия на две альфа-частицы. Вариационное вычисление энергии атома гелия.

17. Атом гелия.

Нерелятивистская задача для двух электронов и учет их тождественности, орто- и парагелий, обменное взаимодействие. Уравнения Хартри. Термы.

18. Движение в центральном потенциале.

Радиальное уравнение Шредингера. Центробежный потенциал.

Семинар.

Трехмерный осциллятор. Средние для атома водорода.

19. Спонтанное излучение.

Квантование электромагнитного поля, фоковское пространство состояний, дипольное излучение.

Семинар.

Борновское приближение для экранированного кулоновского потенциала. Рассеяние на отталкивающем потенциале, спадающем как квадрат расстояния.

20. Релятивистский электрон.

Принципы построения уравнения Дирака, алгебра матриц Дирака. Вывод уравнения Паули из уравнения Дирака.

Релятивистские поправки к энергии электрона в стационарном поле, спин-орбитальное взаимодействие, спектр атома водорода с учетом.

Семинары:

Квазиклассика: осциллятор, альфа-распад, поправка на возмущение.

Эффект Мёсбауэра. Сверхтонкое расщепление.

21. Рассеяние.

Рассеяние на короткодействующих потенциалах. Функция Грина и асимптотическое поведение волновой функции, амплитуда рассеяния. Борновское приближение и критерии его применимости для медленных и быстрых частиц. Кулоновское рассеяние протона на протоне и альфа-частицы на альфа-частице.

Фазовая теория рассеяния. Парциальные амплитуды рассеяния. Длина рассеяния медленных частиц.

22. Атом водорода.

Квантование связанных состояний, атомные единицы, асимптотическое поведение, главное и радиальное квантовые числа, полиномы Лагерра, спектр связанных состояний, вырождение уровней энергии по орбитальному моменту и P-четности.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Квантовая механика (КТФ)

Цель дисциплины:

Дать студентам знания в области описания различных квантовых физических явлений и методы построения соответствующих математических моделей, показать соответствие и непротиворечивость системы постулатов, положенных в основу квантовой теории, существующим экспериментальным данным, что позволяет считать теорию достоверной. Дать навыки, позволяющие понять адекватность теоретической модели соответствующему физическому явлению.

Задачи дисциплины:

- Изучение свойств точно решаемых задач-моделей квантовомеханических систем;
- изучение приближенных методов решения задач квантовой механики;
- изучение методов описания сложных систем, в том числе систем тождественных частиц;
- овладение методами квантовой механики для описания свойств различных физических систем.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Постулаты и принципы квантовой механики, методы описания квантовых систем, связь состояний и операторов с наблюдаемыми и измеряемыми величинами;
- основные свойства точно решаемых моделей квантовых систем;
- основные приближенные методы решения задач квантовой механики: квазиклассическое приближение; стационарную и нестационарную теорию возмущений;
- методы описания сложных и незамкнутых квантовых систем;
- методы и способы описания систем тождественных частиц в квантовой теории;
- методы описания рассеяния частиц; описание взаимодействия электромагнитного излучения с квантовыми системами зарядов.

уметь:

- Определять энергетические спектры и волновые функции в одномерных случаях;
- определять средние значения (физические величины) квантовых систем, если известны их волновые функции;
- определять состояния и классифицировать энергетические спектры частицы в симметричных потенциалах, в частности, обладающих аксиальной и центральной симметрией;
- применять квазиклассическое приближение для оценки уровней энергии и вероятностей прохождения в одномерных потенциалах;
- применять стационарную теорию возмущений для нахождения поправок к уровням энергии и волновым функциям;
- применять нестационарную теорию возмущений для нахождения вероятностей переходов между состояниями;
- решать задачи о нахождении состояний и энергетического спектра систем многих, в том числе тождественных, частиц;
- вычислять дифференциальные сечения рассеяния частиц различными потенциалами;
- определять возможные оптические переходы между состояниями систем зарядов и оценивать времена жизни возбужденных состояний.

владеть:

- Основными методами решения задач о нахождении состояний и энергетических спектров различных квантовых систем;
- навыками теоретического анализа реальных задач, связанных со свойствами микроскопических и наносистем, обладающих как дискретным, так и непрерывным спектрами.

Темы и разделы курса:

1. Атом в магнитном поле.

Слабые и сильные поля, эффект Зеемана, диамагнетизм и парамагнетизм атомов.

2. Атом водорода.

Квантование связанных состояний, атомные единицы, асимптотическое поведение, главное и радиальное квантовые числа, полиномы Лагерра, спектр связанных состояний, вырождение уровней энергии по орбитальному моменту и P-четности.

3. Атом гелия.

Нерелятивистская задача для двух электронов и учет их тождественности, орто- и парагелий, обменное взаимодействие. Уравнения Хартри. Термы.

4. Движение в центральном потенциале.

Радиальное уравнение Шредингера. Центробежный потенциал.

Семинар.

Трехмерный осциллятор. Средние для атома водорода.

5. Квазиклассика.

Уравнение Шредингера для амплитуды и фазы волновой функции, стационарные состояния и разложение фазы в ряд по постоянному Планка в одномерной задаче. Критерий применимости квазиклассического приближения. Виртуальные частицы.

Условия сшивки квазиклассических решений возле точки поворота, правило квантования Бора-Зоммерфельда, нормировка волновой функции, плотность связанных состояний, коэффициент прохождения потенциального барьера Семинар.

Притяжение в системах ион-атом, атом-атом. Эффект Штарка на возбужденном состоянии атома водорода ($n=2$).

Двухуровневая система.

6. Математический аппарат квантовой механики.

Вектор состояния. Наблюдаемые величины. Собственные вектора и собственные значения эрмитовых операторов.

Семинар. Упражнения на эрмитово сопряжение операторов и простейшие коммутаторы. Коэффициенты отражения и прохождения.

7. Момент импульса

Операторное квантование момента импульса. Сферические функции.

Семинар: Уровни Ландау.

8. Нестационарная теория возмущений, представление взаимодействия, квантовые переходы в первом порядке по возмущению, золотое правило Ферми.

Поправки на ангармоничность осциллятора. Электрическая поляризуемость атома водорода.

9. Осциллятор.

Вычисление коммутаторов и средних с моментом количества движения.

10. Постулаты квантовой механики.

Полный набор наблюдаемых. Базис состояний. Средние значения наблюдаемых.

Уравнение Шредингера. Гамильтониан и эволюция системы.

Волновой пакет. Одновременное точное измерение физических величин.

Коммутатор и соотношение неопределенностей. Импульсное представление.

Поток вероятности. Представление Гейзенберга.

11. Производная оператора по времени.

Теоремы Эренфеста. Скобки Пуассона и коммутаторы.

Семинар.

Вращения спинора и собственные состояния проекции спина.

12. Рассеяние.

Рассеяние на короткодействующих потенциалах. Функция Грина и асимптотическое поведение волновой функции, амплитуда рассеяния. Борновское приближение и критерии его применимости для медленных и быстрых частиц. Кулоновское рассеяние протона на протоне и альфа-частицы на альфа-частице.

Фазовая теория рассеяния. Парциальные амплитуды рассеяния. Длина рассеяния медленных частиц.

13. Релятивистский электрон.

Принципы построения уравнения Дирака, алгебра матриц Дирака. Вывод уравнения Паули из уравнения Дирака. Релятивистские поправки к энергии электрона в стационарном поле, спин-орбитальное взаимодействие, спектр атома водорода с учетом.

Семинары:

Квазиклассика: осциллятор, альфа-распад, поправка на возмущение.

Эффект Мёсбауэра. Сверхтонкое расщепление.

14. Свойства одномерного движения. Дискретный и непрерывный спектр.

Вид потенциала, двукратное вырождение в непрерывном спектре, невырожденность в случае ограниченного движения, связанные состояния частицы в потенциале, Дискретный спектр, осцилляторная теорема, задача рассеяния, Соотношения взаимности для коэффициентов прохождения и отражения, сохранение потока вероятности, бесконечно узкая яма

конечной площади и скачок производной, трансляции и квазиимпульс, функции Блоха, номер зоны.

15. Симметрии и законы сохранения.

Генераторы непрерывных симметрий. Дискретные симметрии.

Семинар.

Спин 1.

16. Сложение моментов.

Преобразование составных величин при вращениях и задача о сложении моментов двух подсистем. Базис состояний суммарного момента. Матричные элементы неприводимых тензорных операторов и правила отбора.

Семинар.

Спин во вращающемся магнитном поле.

17. Сложный атом.

Самосогласованное поле, определитель Слетера, правила Хунда, термы.

Семинары.

Частицы в ящике. Распад ядра бериллия на две альфа-частицы. Вариационное вычисление энергии атома гелия.

18. Спин.

Спин $\frac{1}{2}$. Матрицы Паули. Уравнение Паули.

Семинар.

Квант магнитного потока.

19. Спонтанное излучение.

Квантование электромагнитного поля, фоковское пространство состояний, дипольное излучение.

Семинар.

Борновское приближение для экранированного кулоновского потенциала. Рассеяние на отталкивающем потенциале, спадающем как квадрат расстояния.

20. Стационарная теория возмущений.

Стационарная задача: ряд по малой константе связи возмущения, рекуррентные формулы для поправок энергии и к состояниям, критерий применимости теории возмущений, вырожденный случай и правильные волновые функции ведущего приближения, секулярное уравнение.

21. Теория возмущений.

Стационарная теория возмущений, невырожденный и вырожденный случаи, критерий применимости.

Сдвиг основного уровня атома водорода за счет конечного размера протона. Бета-распад иона лития и вероятности образования основного и первого возбужденного состояний иона гелия-3.

22. Физические основы квантовой механики.

Корпускулярно-волновой дуализм. Принцип суперпозиции, амплитуда вероятности.

Семинары

Уровни энергии в одномерных потенциальных ямах.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Квантовая механика (станд.)

Цель дисциплины:

Дать студентам знания в области описания различных квантовых физических явлений и методы построения соответствующих математических моделей, показать соответствие и непротиворечивость системы постулатов, положенных в основу квантовой теории, существующим экспериментальным данным, что позволяет считать теорию достоверной. Дать навыки, позволяющие понять адекватность теоретической модели соответствующему физическому явлению.

Задачи дисциплины:

- Изучение свойств точно решаемых задач-моделей квантовомеханических систем;
- изучение приближенных методов решения задач квантовой механики;
- изучение методов описания сложных систем, в том числе систем тождественных частиц;
- овладение методами квантовой механики для описания свойств различных физических систем.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Постулаты и принципы квантовой механики, методы описания квантовых систем, связь состояний и операторов с наблюдаемыми и измеряемыми величинами;
- основные свойства точно решаемых моделей квантовых систем;
- основные приближенные методы решения задач квантовой механики: квазиклассическое приближение; стационарную и нестационарную теорию возмущений;
- методы описания сложных и незамкнутых квантовых систем;
- методы и способы описания систем тождественных частиц в квантовой теории;
- методы описания рассеяния частиц; описание взаимодействия электромагнитного излучения с квантовыми системами зарядов.

уметь:

- Определять энергетические спектры и волновые функции в одномерных случаях;
- определять средние значения (физические величины) квантовых систем, если известны их волновые функции;
- определять состояния и классифицировать энергетические спектры частицы в симметричных потенциалах, в частности, обладающих аксиальной и центральной симметрией;
- применять квазиклассическое приближение для оценки уровней энергии и вероятностей прохождения в одномерных потенциалах;
- применять стационарную теорию возмущений для нахождения поправок к уровням энергии и волновым функциям;
- применять нестационарную теорию возмущений для нахождения вероятностей переходов между состояниями;
- решать задачи о нахождении состояний и энергетического спектра систем многих, в том числе тождественных, частиц;
- вычислять дифференциальные сечения рассеяния частиц различными потенциалами;
- определять возможные оптические переходы между состояниями систем зарядов и оценивать времена жизни возбужденных состояний.

владеть:

- Основными методами решения задач о нахождении состояний и энергетических спектров различных квантовых систем;
- навыками теоретического анализа реальных задач, связанных со свойствами микроскопических и наносистем, обладающих как дискретным, так и непрерывным спектрами.

Темы и разделы курса:**1. Уравнение Шредингера и его свойства.**

Элементы теории представлений. Координатное и импульсное представление. Временное уравнение Шредингера. Уравнение непрерывности. Плотность вероятности и плотность тока вероятности. Нормировка волновой функции в случае дискретного и непрерывного спектра. Стационарное уравнение Шредингера.

2. Нестационарная теория возмущений. Представление взаимодействия.

Представление взаимодействия. Хронологизованная экспонента. Теория квантовых переходов. Соотношение неопределенностей для энергии и времени. Переходы в двухуровневой системе. Переходы в непрерывном спектре. «Золотое правило» Ферми. Внезапные и адиабатические возмущения.

3. Стационарная теория возмущений. Метод функции Грина.

Теория возмущений для дискретного спектра. Критерий применимости. Метод функции Грина. Поправки к состояниям и уровням энергии. Случай вырожденных уровней энергии. Правильные волновые функции нулевого приближения. Теория возмущений для непрерывного спектра, борновское приближение в теории рассеяния.

4. Основы релятивистской теории.

Релятивистские волновые уравнения. Уравнение Клейна–Гордона–Фока. Уравнение Дирака. Матрицы Дирака и их свойства. Релятивистская инвариантность уравнения Дирака. Орбитальный, собственный и полный момент в теории Дирака. Спин-орбитальное взаимодействие. Тонкая структура энергетических уровней атома водорода.

5. Системы тождественных частиц. Сложный атом.

Описание сложных систем. Сложение моментов. Коэффициенты Клебша–Гордана. Принцип тождественности (неразличимости) микрочастиц. Симметрия волновой функции относительно перестановки тождественных частиц. Фермионы и принцип Паули. Детерминант Слэтера. Бозоны. Представление чисел заполнения. Операторы рождения и уничтожения. Основные операторы в представлении чисел заполнения.

Атом гелия. Обменное взаимодействие. Основное и возбужденное состояния атома гелия. Пара- и ортогелий.

Приближение центрального поля в атоме. Вариационный метод. Электронные конфигурации. Термы. Правила Хунда. Тонкая структура.

6. Система электрических зарядов во внешнем электромагнитном поле.

Уравнение Шредингера во внешнем электромагнитном поле. Уравнение Паули. Калибровочная инвариантность. Движение электрона в однородном магнитном поле. Уровни Ландау. Эффект Зеемана.

7. Теория электромагнитного излучения.

Квантование свободного электромагнитного поля. Взаимодействие квантовой системы с электромагнитным излучением. Спонтанное и вынужденное излучение фотонов. Правила отбора.

8. Теория рассеяния.

Сечение рассеяния. Амплитуда рассеяния. Упругое рассеяние. Метод парциальных волн в теории рассеяния, амплитуда и фазы рассеяния. Оптическая теорема. Рассеяние тождественных частиц.

9. Сложение моментов.

Полный момент релятивистской частицы. Коэффициенты Клебша–Гордана.

10. Приём заданий.

11. Временная эволюция физической системы

Представление Шредингера и представление Гайзенберга. Гайзенберговские уравнения движения. Квантовые скобки Пуассона.

Фундаментальные коммутационные соотношения. Интегралы движения в квантовой теории. Теоремы Эренфеста.

12. Симметрии в квантовой механике и законы сохранения.

Инвариантность квантово-механической системы относительно групп преобразований. Симметрии физической системы и законы сохранения.

Группа пространственных трансляций и закон сохранения импульса. Группа временных трансляций и закон сохранения энергии. Группа трехмерных вращений и закон сохранения орбитального момента. Неприводимые представления группы трехмерных вращений. Спин и полный момент. Группа пространственной инверсии и закон сохранения четности. Группа обращения времени.

13. Теория углового момента и спина электрона

Угловой момент в квантовой механике. Операторы момента количества движения и квадрата момента. Собственные значения и собственные функции. Оператор конечных вращений.

Оператор спина. Матрицы Паули и их свойства. Спиновая волновая функция. Методы измерения спина.

14. Задача двух тел. Движение в поле центрально-симметричного потенциала.

Задача двух тел в квантовой механике. Центральное поле, разделение переменных. Радиальное уравнение Шредингера. Пространственно-изотропный осциллятор. Водородоподобный атом. Энергетический спектр, волновая функция. Вырождение.

15. Квазиклассическое приближение.

Предельный переход к классической механике. Волновая функция в квазиклассическом приближении. Метод ВКБ. Правило квантования Бора–Зоммерфельда. Фазовый объем, приходящийся на одно состояние. Прохождение сквозь потенциальный барьер (туннельный эффект). Элементарная теория распада.

16. Атом водорода.

Атомная система единиц. Энергетический спектр. Радиальные волновые функции. Кратность вырождения уровней.

17. Теория линейного гармонического осциллятора.

Энергетический спектр. Собственные функции гармонического осциллятора в координатном представлении.

18. Приём заданий.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Квантовая оптика в примерах и задачах

Цель дисциплины:

Введение в современную квантовую оптику.

Задачи дисциплины:

1. Обучить математическому аппарату квантовой оптики.
2. Научить определять точность используемых теоретических подходов и методов.
3. Развить способность к построению математических моделей, для описания процессов в квантовой оптике.
4. Дать знания по фундаментальным понятиям, законам и теориям современной квантовой оптике.
5. Дать знания о принципах работы устройств, работающих на основе квантовой оптики: квантовых генераторов света, однофотонных источников излучения, кубитов.
6. Обучить методам научного-исследования на примерах из современной физики.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Методы и подходы к описанию открытых квантовых систем.

уметь:

Строить модели для описания квантовых систем. Проводить вычисления в рамках квантовых и полуклассических подходов.

владеть:

Навыками описания составных открытых квантовых систем.

Темы и разделы курса:

1. Введение. Что такое квантовая оптика?

В рамках темы обсуждается область применения квантовой оптики. Рассматриваются основные понятия: волновая функция, матрица плотности, операторы физических величин. Рассматриваются свойства операторов физических величин и операции с ними.

2. Квантование электромагнитного поля

Описывается процедура вторичного квантования электромагнитного поля в свободном пространстве и для тел произвольной формы. Определяется понятие кванта электромагнитного поля («фотона»). Вводятся операторы рождения и уничтожения квантов, понятия фоковских и когерентных состояний. Вводится Гамильтониан электромагнитного поля через операторы рождения и уничтожения.

3. Квантование двухуровневой системы (ДУС)

Вводится понятие двухуровневой системы, обсуждаются условия применимости такой модели для описания реальных атомов и молекул. Описывается процедура квантования двухуровневой системы. Вводится Гамильтониан двухуровневой системы.

4. Оптические уравнения Блоха

Рассматривается взаимодействие двухуровневой системы с классическим внешним полем. Вводятся понятия вектора Блоха, сферы Блоха и уравнения Блоха. Вычисляется сдвиг Блоха-Зигерта. Обсуждается задача о рассеянии гармонического поля на двухуровневой системе.

5. Квантовое описание взаимодействия ЭМ поля и ДУС

Рассматривается задача о взаимодействии электромагнитного поля и двухуровневой системы в дипольном приближении. Вводится Гамильтониан Джейнса-Каммингса, обсуждается применимость приближения вращающейся волны. Вычисляются уровни энергии и собственные состояния Гамильтониана Джейнса-Каммингса. Рассматривается явление осцилляций Раби между электромагнитным полем и двухуровневым атомом.

6. Теория Вайскопфа-Вигнера спонтанного излучения атома в свободном пространстве

В рамках теории Вайскопфа-Вигнера вычисляется скорость спонтанного излучения и лэмбовский сдвиг частоты атома в свободном пространстве. Обсуждается влияние локальной плотности состояний на скорость спонтанного излучения атома. Вводится понятие Пёрселл-фактора.

7. Спонтанное излучение атома в резонаторе

Решается задача о спонтанном распаде атома, помещенном внутрь резонатора. Вычисляется скорость спонтанного распада, исследуется зависимость скорости спонтанного распада от положения атома внутри резонатора. Вычисляется Пёрселл-фактор при различных параметрах резонатора и расстройке по частоте между резонатором и двухуровневой системой.

8. Диссипация в квантовой механике

Рассматривается вопрос об описании процессов релаксации в квантовой механике. Из уравнений фон-Неймана на матрицу плотности системы и окружения выводится управляющее уравнение на матрицу только системы (уравнение Линдблада). В процессе

вывода обсуждаются борновское и марковское приближения. Вычисляются средние значения операторов резервуара, находящегося в состоянии теплового равновесия.

9. Простейшие решения управляющего уравнения для матрицы плотности

Обсуждается вид уравнений Линдблада для осциллятора и двухуровневой системы, взаимодействующих с резервуаром, находящимся в состоянии теплового равновесия. Решаются задачи о диссипации гармонического осциллятора и двухуровневой системы. Исследуется влияние внешнего гармонического поля на процессы релаксации двухуровневой системы.

10. Квантовая теорема регрессии

Рассматривается задача о вычислении двухвременных средних от операторов физических величин с помощью управляющего уравнения на матрицу плотности. Приводится доказательство квантовой теоремы регрессии. Производится вычисление спектра затухающего квантового гармонического осциллятора и затухающей двухуровневой системы.

11. Уравнения Линдблада для одномодового лазера

Рассматриваются уравнения Линдблада для одномодового лазера, которые описывают процессы релаксации энергии, процессы накачки активной среды и процессы дефазировки. Обсуждается различие между релаксирующими и дефазирующими резервуарами. Находится решение уравнений Линдблада для одномодового лазера. Обсуждаются вычислительные проблемы, возникающие при полностью квантовом описании многомодовых и/или многоатомных систем.

12. Уравнения Фоккера-Планка для одномодового лазера

Рассматривается вывод уравнений Фоккера-Планка для когерентных состояний электромагнитного поля и двухуровневых системы. Обсуждается гипотеза масштабной инвариантности и разложение по «размеру» системы. Рассматривается переход от уравнений Фоккера-Планка к уравнениям Ланжевена.

13. Уравнения Максвелла-Блоха с шумом для одномодового лазера

Рассматриваются уравнения Максвелла-Блоха с шумом, обсуждается физический смысл величин, входящих в уравнение. В рамках флуктуационно-диссипативной теоремы находятся корреляторы шумов в уравнениях Максвелла-Блоха. Вычисляется зависимость интенсивности электромагнитного поля в резонаторе от скорости накачки активной среды.

14. Ширина линии излучения

Вводится понятие функции когерентности первого порядка для электромагнитного поля. Рассматривается задача о ширине линии лазерного излучения, обсуждается зависимость ширины линии от интенсивности электромагнитного поля. Обсуждаются подходы к уменьшению ширины лазерного излучения.

15. Функция когерентности второго порядка лазерного и теплового излучения

Вводится понятие функции когерентности второго порядка излучения, рассматривается эксперимент Хенберри-Брауна-Твисса. Вычисляются функции когерентности второго порядка для излучения лазера, однофотонного источника и теплового источника.

Рассматривается вопрос о классификации источников излучения на основе функции когерентности второго порядка.

16. Режим сильной связи в одномодовом лазере

Рассматривается случай сильной связи между электромагнитным полем и активной средой в одномодовом лазере. Вычисляется порог перехода к режиму сильной связи. Исследуются осцилляции энергии между электромагнитным полем и активной средой. Обсуждаются возможные применения систем с сильной связью: изменение скорости химических реакций, увеличение чувствительности сенсоров, усиление света при отрицательной инверсии активной среды.

17. Уравнения на средние значения энергетических величин

Из управляющих уравнений на матрицу плотности выводятся уравнения на средние значения операторов энергетических величин (числа фотонов, инверсии населенности, потоков энергии и т.д.). Исследуется точность полученных уравнений, обсуждается физический смысл величин, входящих в уравнения. Рассматривается задача о распространении спонтанно испущенного электромагнитного импульса по дисперсионной диссипативной среде. Вычисляется зависимость числа фотонов в модах лазера от скорости накачки.

18. Влияние спонтанного излучения на лазерную генерацию

Рассматривается влияние спонтанного излучения на кривую зависимости числа фотонов в лазере от скорости накачки. Исследуется влияние спонтанного излучения на конкуренцию мод в многомодовом лазере. При помощи квантовой теоремы регрессии и уравнений на средние значения операторов энергетических величин вычисляется спектр лазерного излучения.

19. Усиленное спонтанное излучение

Рассматривается явление усиленного спонтанного излучения в активной среде без резонатора. Вычисляется зависимость интенсивности и ширины линии усиленного спонтанного излучения от скорости накачки. Проводится сравнение когерентных и спектральных свойств усиленного спонтанного излучения и лазерного излучения. Обсуждается возможность лазерной генерации в системе без резонатора.

20. Сверхизлучение

Рассматривается задача о сверхизлучении Дике ансамбля двухуровневых атомов. Рассматривается классический аналог явления сверхизлучения. Исследуются спектральные и когерентные характеристики сверхизлучения. Обсуждается концепция сверхизлучающего лазера и роль корреляций между атомами при лазерной генерации.

21. Универсальный порог лазерной генерации, пред-порог лазерной генерации

Рассматривается вопрос об универсальном характере лазерной генерации в системах с резонатором и без. Выводится универсальное выражение для порога лазерной генерации. Исследуется зависимость порога генерации от Перселл-фактора лазерной системы. Вводится понятие пред-порога лазерной генерации. Обсуждаются поведение системы вблизи пред-порога лазерной генерации.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Квантовая оптика

Цель дисциплины:

– дать студентам базовые знания в области квантовой оптики – важнейшем разделе современной оптики. Курс ориентирован в основном на подготовку физиков-экспериментаторов, которые используют лазерное излучение и выполняют измерения высокой чувствительности.

Задачи дисциплины:

– ознакомить студентов с основными приемами квантовых измерений в оптике и основными проявлениями квантовых свойств излучения. При этом слушатели получают необходимые сведения для проведения собственных оценок и расчетов квантовых эффектов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- перечень и свойства основных квантовых состояний света, применяемых в качестве моделей при описании лазерного излучения;
- правила и способы расчета квантовых состояний излучения при его преобразовании элементами нелинейной оптики;
- основные методы фотоприема.

уметь:

- рассчитывать квантовые шумы фотоприема в сравнении с другими шумами фотоприемных устройств;
- выбирать эффективные пути расчетов квантовых эффектов в рамках шредингеровского, либо гайзенберговского описаний;
- анализировать опыты с одиночными фотонами.

владеть:

- методами оценок и количественного анализа квантовых явлений в оптических установках и приборах;

- приемами расчета квантовой динамики световых пучков в простейших случаях линейного взаимодействия света со средами.

Темы и разделы курса:

1. Особенности квантовой оптики как раздела квантовой физики.

Квантовая оптика как раздел квантовой физики. Основные понятия: наблюдаемые величины и состояния объектов.

2. Методы фотоприема и квантовый шум фотодетекторов.

Квантовые и другие шумы в процессе фотоприема излучения.

Методы фотоприема излучения: прямой фотоприем, гетеродинамирование и гомодинамирование.

3. Основные квантовые состояния света.

N-фотонные состояния света.

Когерентные состояния света.

Тепловое состояние света. Матрица плотности излучения.

Сжатые состояния света.

4. Преобразование квантовых состояний света элементами линейной оптики.

Преобразование состояния света при светоделении. Картина Гейзенберга.

Преобразование состояния света при светоделении. Картина Шредингера.

Статистика фотоотсчетов.

5. Источники неклассических состояний света.

Параметрический процесс как метод генерации сжатого света.

Примеры квантового описания нелинейно-оптических явлений: генерация второй гармоники, генерация субпуассоновского света.

6. Особые методы измерений в квантовой оптике.

Квазивероятность в квантовой оптике.

Томография квантовых состояний света.

Неразрушающие квантовые измерения.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Квантовая теория взаимодействия излучения с веществом

Цель дисциплины:

Ознакомление студентов с методами квантовомеханического описания взаимодействия простых квантовых систем с интенсивным полем лазерного излучения, описание широкого круга задач и явлений в этой области.

Задачи дисциплины:

Задачами курса лекция являются повышение уровня знаний студентов в областях квантовой механики, атомной физики, физики лазеров и физики взаимодействия излучения с веществом.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Знать материал лекционного курса

уметь:

Самостоятельно применять полученные знания для решения других задач.

владеть:

Аппаратом квантовой механики применительно к задачам о взаимодействии излучения с веществом.

Темы и разделы курса:

1. Атом во внешнем поле. Квантово-механическая теория возмущений

Будут записаны стационарное и нестационарное уравнения Шредингера для атома во внешнем поле. Будут получены выражения для так называемых нерелятивистских Волковских волновых функций свободного электрона во внешней световом поле. В случае атома и при наличии внешнего светового поля будет дано обсуждение калибровочной инвариантности в дипольном приближении. Будет описана методика

теории возмущений. Будет дан вывод «Золотого правила Ферми» (ЗПФ). Во втором порядке теории возмущений будет дан вывод выражений для составных матричных элементов и для поляизируемости атома.

2. Двухуровневая модель атома в резонансном поле, квазиэнергии

Будут даны определение и обоснования применимости модели двухуровневой системы в резонансном поле, будут сформулированы понятия приближения вращающейся волны и квазиэнергетической системы, будут описаны решения начальной задачи, включая осцилляции Раби, будут рассмотрены режимы мгновенного и адиабатического включения взаимодействия. Будет рассмотрен режим включения взаимодействия с циркулирующим импульсом поля и будет описан эффект адиабатического инвертирования. Будут найдены общие решения в случае точного резонанса и будет сформулировано понятие π -импульсов. Будет описано спонтанное излучение двухуровневого атома в резонансном внешнем поле и, в частности, будет описан трех-пиковый спектр излучения, известный как спектр Моллоу.

3. Модель «один дискретный уровень+континуум», атомоионизационно-подобные состояния во внешней лазерном поле

Будет рассмотрена очень популярная модель атома типа один дискретный уровень+континуум во внешнем поле с частотой, достаточно большой для обеспечения возможности однофотонного перехода между этими состояниями. В общем случае будут получены для такой системы квазиэнергетические решения по методике использованной Фано для описания атомоионизационных состояний. Ввиду этой аналогии рассматриваемый в данной задаче дискретный уровень может интерпретироваться как атомоионизационно-подобный. Будет рассмотрена схема взаимодействия такого атома с двумя полями, сильным и слабым пробным полем, и будут рассмотрены возникающие в этом случае интерференционные эффекты. Будут описаны некоторые из выполненных в мире многочисленных экспериментов по данной тематике.

4. Квазиклассическое приближение

Будет описано хорошо известное квазиклассическое приближение, хорошо применимо для атомного электрона в возбужденных состояниях с большими значениями главного квантового числа n . Будут рассмотрены суперпозиции таких состояний, ведущие себя как волновые пакеты, движущиеся по почти по классическим траекториям. Будет введено понятие кеплеровской частоты движения таких волновых пакетов. Будет также описано использование квазиклассического приближения для вывода простых и удобных выражений для матричных элементов дипольного момента между высоковозбужденными связанными состояниями электрона в атоме и для связанными-свободными состояниями (Н.Б. Делоне и В.П. Крайнов).

5. Теория Келдыша ионизации атомов сильным лазерным полем. Режимы многофотонной и туннельной ионизации

Будет дан вывод вероятностей ионизации атома в сильном поле на основе теории Л.В. Келдыша, в которой использовались нерелятивистские Волковские волновые функции свободного электрона в лазерном поле. Будет определен параметр Келдыша η , разграничивающий режимы многофотонной ионизации в относительно слабом поле ($\eta \gg 1$) и туннельной ионизации в сильном поле ($\eta \ll 1$). Будет показано, каким образом из теории Келдыша следует предсказание явления надпороговой ионизации, когда в

энергетическом спектре ионизированных электронов возникает серия максимумов, разделенных интервалом равным энергии кванта поля, а также явление закрытия низкоэнергетических каналов в спектре фотоэлектронов за счет повышения порога ионизации на величину ponderomotive энергии электрона во внешнем поле.

6. Перерассеяние электронов на родительском атоме, двухэлектронная ионизация и излучение высоких гармоник

Будет описано развитие теории Келдыша, связанное с именами Коркума и Куландера, и состоящее в том, что в режиме туннельной ионизации электрон может очень быстро протуннелировать под барьером атомного потенциала в сочетании с энергией дипольного взаимодействия с полем, после чего, освободившийся электрон оказывается подверженным в основном воздействию лазерного поля, которое меняет знак через полпериода, что приводит к увеличению энергии электрона и его возврату к родительскому атому. Возвратившись к родительскому атому электрон может либо рекомбинировать, излучая очень высокоэнергетические кванты поля (т.е. высокие гармоники лазерного поля), либо выбить из атома второй электрон, либо просто перерассеяться. Будут приведены данные некоторых из многочисленных экспериментов по наблюдению всех этих эффектов.

7. Интерференционная стабилизация ридберговских атомов по отношению к их ионизации сильным лазерным полем

Будет описано явление интерференционной стабилизации ридберговских атомов в сильном поле. Явление состоит в том, что если в слабом поле вероятность ионизации является растущей функцией интенсивности, то при увеличении интенсивности поля при определенных условиях рост вероятности может замедлиться, выйти на постоянный уровень, меньший единицы и даже уменьшиться с дальнейшим ростом интенсивности поля. Эффект связан с возможностью перезаселения ридберговских уровней в процессе ионизации и с последующей деструктивной интерференцией амплитуд вероятности переходов в континуум с близких соседних уровней атома. Будет описан ряд экспериментов, где это явление наблюдалось экспериментально.

8. Многофотонное вынужденное тормозное излучение. Эффект Макуза

Будет дан вывод выражений для вероятностей процессов рассеяния на атоме (или ионе) свободного электрона в поле сильной электромагнитной волны, сопровождающегося поглощением или вынужденным излучением произвольного числа квантов лазерного поля. В частном случае не очень сильного поля, из этих общих формул следуют вероятности однофотонного поглощения или вынужденного излучения одного фотона поля. Будет приведен анализ, который показывает, что при направленном движении электрона в описанных однофотонных процессах вероятность вынужденного излучения может быть больше вероятности поглощения, что указывает на возможность усиления внешнего поля в процессе электрон-атомных столкновений. Такой эффект называется эффектом Маркуза, и он может иметь место, если угол между направлениями скорости электрона и вектора поляризации поля не превышает 57° . Будет также описана асимптотика сильного поля, когда эффект Маркуза пропадает, и коэффициент столкновительного поглощения сильного поля убывает с ростом напряженности поля $\propto 0$ -пропорционально $1/\omega^3$.

9. Лазеры на свободных электронах

Будут описаны как история создания Лазеров на Свободных Электронах (ЛСЭ), так и их современное состояние.

Будет описана физика усиления и насыщения в ЛСЭ, как на основе классического описания, так и в рамках квантовой теории. Будут обсуждены различные режимы усиления и различные факторы, влияющие на его эффективность и оптимизацию.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Квантовая теория измерений

Цель дисциплины:

ознакомить студентов с фундаментальными принципами квантовой теории измерений, основными интерпретациями квантовой механики, математическими методами квантовой теории измерений, современными измерительными системами, работающими на квантовом уровне чувствительности.

Задачи дисциплины:

снабдить слушателей базовыми знаниями для работы и исследований в области квантовой теории измерений.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основы квантовой теории измерений и основные известные на сегодняшний день ее приложения.

уметь:

ориентироваться в современных исследованиях по квантовой теории измерений.

владеть:

базовыми идеями и методами анализа современных измерительных систем, работающих на квантовом уровне чувствительности.

Темы и разделы курса:

1. Статистическая модель квантовой механики

Статистическая модель квантовой механики. Классическая редукция распределения вероятностей. Квантовая редукция волновой функции. Возмущение наблюдаемой, канонически сопряженной измеряемой величине.

2. Постулат о редукции фон Неймана

Квантово-классическая граница. Постулат о редукции фон Неймана: статистика результатов измерения, конечное состояние объекта.

3. Ортогональные приближенные измерения.

Ортогональные приближенные измерения. Проекционные операторы. ПОВМ. Примеры.

4. Неортогональные измерения. Оператор редукции

Неортогональные измерения. Расширение Наймарка. Оператор редукции. Примеры.

5. Косвенные измерения

Косвенные измерения. Инвариантность квантового измерения к расположению квантово-классической границы. Оператор редукции для идеального косвенного измерения.

6. Квантовые невозмущающие измерения

Квантовые невозмущающие измерения. Эксперименты по невозмущающему измерению оптической энергии.

7. Основные интерпретации квантовой механики

Основные интерпретации квантовой механики. Локальные и нелокальные скрытые переменные. Неравенстве Белла. Опыты Аспекта.

8. Парадоксы ЭПР и «друга Вигнера» с позиций копенгагенской и многомировой интерпретаций

Многомировая интерпретация квантовой механики. Парадоксы ЭПР и «друга Вигнера» с позиций копенгагенской и многомировой интерпретаций.

9. Декогерентизация окружением. Кот Шредингера

Декогерентизация окружением. Предпочтительный базис. Гауссовские состояния. Кот Шредингера.

10. Предельный переход к непрерывным измерениям. Стандартный квантовый предел

Предельный переход к непрерывным измерениям. Соотношение неопределенности для непрерывных измерений координаты. Стандартный квантовый предел.

11. Квантовые шумы в оптических интерферометрах

Квантовые шумы в оптических интерферометрах. Лазерные детекторы гравитационных волн. Достигнутая чувствительность и основные препятствия для ее повышения.

12. Линейный квантовый измеритель

Шумы линейного квантового измерителя: общий случай. Неравенство Шредингера-Робертсона для непрерывных линейных измерений.

13. Методы преодоления стандартного квантового предела при измерении малых сил и смещений

Методы преодоления стандартного квантового предела при измерении малых сил и смещений.

14. Квантовый измеритель скорости

Квантовый измеритель скорости. Практические схемы квантового измерителя скорости для лазерных детекторов гравитационных волн.

15. Перспективы экспериментов с макроскопическими негауссовскими состояниями

Перспективы экспериментов с макроскопическими негауссовскими состояниями.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Квантовая теория поля: задачи и методы

Цель дисциплины:

Изучение основных положений и методов квантовой теории поля, необходимых для дальнейшего изучения физики элементарных частиц, современных аспектов квантовой теории поля.

Задачи дисциплины:

Познакомить студентов с основными понятиями и идеями теории квантовых полей, как следующего шага после изучения классической теории поля, с постановкой задач и подходами к их решениям. Предполагается, что, прослушав этот курс, студенты смогут использовать методы и подходы этой области в своей научно-исследовательской работе.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия по теме дисциплины

уметь:

- продемонстрировать знание канонического квантования,
- строить и вычислять диаграммы Фейнмана,
- строить функциональный интеграл в калибровочных теориях,
- строить перенормированные теории.

владеть:

- основными квантово-полевыми методами.

Темы и разделы курса:

1. Каноническое квантование

Многочастичная интерпретация, операторный формализм, законы преобразования квантовых полей, корреляционные функции, принцип микропричинности, теорема Вика. Примеры (вещественной и комплексной) скалярной теории и теории Максвелла (нековариантное квантование и рецепт Гупта-Блейлера).

2. Диаграммы Фейнмана

Определение T-упорядоченной корреляционной функции, оператор эволюции, формула Дайсона, фейнмановские правила, примеры диаграмм с одной и двумя петлями, 2-точечный пропагатор скалярной теории, собственно-энергетическая часть.

3. Функциональный интеграл

Определение и основные свойства полевого функционального интеграла. Представление через токи, диаграммный ряд в терминах функционального интеграла. 2-точечная и 4-точечная функции в теории ϕ^4 в четвертой. Связные диаграммы, теорема Майерса. Вершинная функция и собственная энергия. Эффективное действие. Уравнения Швингера-Дайсона, глобальные тождества Уорда.

4. Расходимости

Размерный анализ в КТП. Примеры расходящихся диаграмм в теории ϕ^4 в четвёртой. Подсчет индексов расходимостей. Размерная регуляризация

5. Ренормгруппы

Определение перенормированной теории на примере ϕ^4 в четвертой, константы перенормировки, контрчлены. Ренормгруппа. Решение РГ уравнения в безмассовом случае, классификация фиксированных точек, полюс Ландау, асимптотическая свобода.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Квантовая теория поля

Цель дисциплины:

Целью курса является изучение методов квантовой теории поля/

Задачи дисциплины:

- Освоение методов квантования свободных полей;
- Изучение S-матричного описания взаимодействующих полей;
- Приобретение навыков построения диаграмм Фейнмана;
- Обучение вычислению вероятностей процессов с участием элементарных частиц.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Принципы квантования свободных полей.

уметь:

Строить диаграммы Фейнмана и находить амплитуды процессов, вычислять ширины распадов и сечения процессов рассеяния.

владеть:

Навыками освоения большого объема информации, навыками самостоятельной работы.

Темы и разделы курса:

1. Введение

Лагранжев формализм в теории поля, симметрии, теорема Нетер.

2. Свободные тензорные поля

Действительное свободное скалярное поле. Лагранжиан, уравнения поля, свойства классических решений. Комплексное скалярное поле. Свободные векторные поля. Электромагнитное поле. Лагранжиан, уравнения поля, свойства решений, калибровочный принцип. Особенности массивного векторного поля.

3. Поле Дирака

Построение уравнений движения, матрицы Дирака, релятивистская ковариантность, спинорное представление группы Лоренца. Свойства решений. Лагранжев формализм. Безмассовое спинорное поле.

4. Принципы квантования волновых полей

Каноническое квантование. Операторное квантование. Представление Шредингера и Гейзенберга. Релятивистская схема квантования. Перестановочные соотношения. Квантование по Ферми-Дираку и Бозе-Эйнштейну. Амплитуда состояния в фоковском представлении.

5. Особенности квантования свободных полей

Квантование свободного скалярного поля. Квантование свободного массивного векторного поля. Особенности квантования электромагнитного поля. Квантование свободного поля Дирака. Зарядовое сопряжение.

6. Несобственные преобразования группы Лоренца в квантовой теории

РТ-преобразования в квантовой теории. СРТ-теорема.

7. Классические взаимодействующие поля

Лагранжев формализм в теории взаимодействующих полей. Принципы построения лагранжианов. Калибровочная симметрия. Механизм Хиггса.

8. Квантование взаимодействующих полей

Представление взаимодействия. S-матрица, T-произведение операторов, свойства S-матрицы.

9. Теоремы Вика и Функции Грина свободных полей

Теоремы Вика. Функции Грина свободных полей. Запозывающая функция Грина скалярного поля. Пропагатор скалярного поля. Пропагаторы других полей.

10. Правила Фейнмана

Диаграммы Фейнмана для оператора S-матрицы на примере теории ϕ^4 и КЭД. Правила Фейнмана в импульсном пространстве для матричных элементов.

11. Вычисление вероятностей процессов

Общая формула для вычисления вероятности процессов. Ширина распада, сечение рассеяния. Двухчастичный фазовый объем. Учет поляризации.

12. Пример вычисления конкретного процесса

Ширина распада массивного векторного бозона.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Квантовая теория поля

Цель дисциплины:

ознакомление с базовыми понятиями теории струн.

Задачи дисциплины:

формирование у обучающихся базовых представлений об основных предпосылках создания теории поля, основных принципах, на которых она базируется и основных задачах, которые она решает.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

математический аппарат КТП, лагранжеев формализм описание симметрий (алгебры и их представления), группа Пуанкаре, группа Лоренца, теорема Нетер, некоторые задачи, связанные с симметриями. Релятивистская симметрия. Тензорные и спинорные представления группы Лоренца. Релятивистские поля. Уравнение Дирака. Интеграл по путям Фейнмана в квантовой механике. Калибровочная инвариантность.

уметь:

работать с элементами диаграммной техники Фейнмана.

владеть:

методами квантовой теории поля (КТП).

Темы и разделы курса:

1. Классическая теория поля, Лагранжеев и Гамильтонов формализм.

Классическая теория поля. Идея поля. Лагранжиан. Уравнения движения. Симметрии. Теорема Нетер. Тензор энергии-импульса. Генераторы группы Лоренца. Гамильтонов формализм.

2. Каноническое квантование поля Клейна-Гордона.

Квантовая теория поля Клейна-Гордона. Каноническое квантование. Пространство Фока и спектр оператора энергии. Идея регуляризации. Эффект Казимира.

3. Функции Грина и функциональный интеграл в КТП.

Гейзенберговские полевые операторы. Пропагатор Фейнмана и его аналитические свойства. Причинность. Связь функций Грина КТП в пространстве Минковского и в евклидовом пространстве. QFT в евклидовом пространстве. Интеграл Фейнмана по путям в квантовой механике. Функциональный интеграл в QFT. Представление пропагатора Фейнмана в виде интеграла по путям.

4. Лоренц-инвариантные волновые уравнения. Спинорное представление группы Лоренца и поле Дирака.

Лоренц-инвариантные волновые уравнения. Алгебра Клиффорда и спинорное представление группы Лоренца. Уравнение Дирака. Уравнение Вейля. Их лоренцевское инвариантность. Решения уравнения Дирака.

5. Квантование поля Дирака, связь спина со статистикой.

Неправильное квантование поля Дирака. Связь спина со статистикой. Квантование поля Дирака. Функции Грина и корреляционные функции в евклидовом КТП. Уравнение Дайсона-Швингера и теорема Вика.

6. Диаграммы Фейнмана и теорема Вика.

Теорема Вика и диаграммы Фейнмана. Теория возмущений. Теория скалярного поля. Диаграммная техника. Теория возмущений. Правила Фейнмана. Классификация диаграмм Фейнмана. Связные и несвязные диаграммы и т.д.

7. Представление взаимодействия и функции Грина взаимодействующей КТП.

Теория возмущений и представление функций Грина взаимодействующей QFT в терминах функций Грина свободной QFT. S-матрица и функции Грина. In- и Out-операторы. Редукционная формула LSZ. Правила Фейнмана для амплитуд рассеяния.

8. Правила Фейнмана для фермионов.

Фейнмановские правила для фермионов. Теория Юкавы. Потенциал Юкавы. Правила Фейнмана в электродинамике. Кулоновский потенциал.

9. Перенормировка.

Импульсное представление. Регуляризации интегралов Фейнмана. Методы регуляризации. Идея перенормировки. Контрчлены. Программа перенормировок. Типы расходимостей. Перенормируемые и неперенормируемые теории поля. Однопетлевое приближение. Схемы ренормализации. Нормировочные условия. Функции Грина в однопетлевом приближении. Уравнение Каллана-Симанчика.

10. Квантование методом функционального интеграла.

Функциональный интеграл. Квантование скалярных полей методом Функционального интегрирования. Квантовая теория поля. и Статистическая механика. Интеграл Березина по антикоммутирующим полям. Квантование спинорных полей методом Функционального интегрирования.

11. Калибровочная инвариантность и квантование калибровочных полей.

Калибровочная инвариантность. Лагранжиан Янга-Миллса. Квантование калибровочных теорий методом Функционального интегрирования. Подход Фаддеева-Попова. Фиксация калибровки. Духи Фаддеева-Попова. Диаграммы Фейнмана. BRST-квантование.

12. Спонтанное нарушение симметрии и механизм Хиггса.

Сигма модели. Спонтанное нарушение симметрии в КТП. Теорема Голдстоуна. Механизм Хиггса в Абелевом случае. Механизм Хиггса в Теории Янга-Миллса. Масса векторного бозона. Бозон Хиггса. Перенормируемость и унитарность в условиях спонтанного нарушения симметрии.

13. Топологические объекты в квантовой теории поля.

Топологические решения в КТП. Гомотопические группы Монополь Г'Хофта-Полякова и вторая гомотопическая группа. Неравенства Богомольного. Инстантоны и третья гомотопическая группа. Конструкция ADHM.

14. Модель электро-слабых взаимодействий.

Единая теория электро-слабых взаимодействий. Модель Глэшоу-Вайнберга-Салама. Массы W- и Z-бозонов.

15. Стандартная модель и теория Великого объединения.

Кварки и лептоны. Стандартная модель сильных и электро-слабых взаимодействий.

Теория Великого Объединение. Модель Georgi-Glashow.

16. Ренормгруппа Вилсона.

Пространство квазилокальных квантовых теорий поля. Идея Ренормгруппы Вилсона (RG). Два шага ренормгруппового преобразования. Топологические свойства RG-потока. Фиксированные точки и Критическая поверхность. Масштабная инвариантности и аномальные размерности. Иррелевантные, маргинальные и релевантные поля. Гауссова фиксированная точка. Композитные поля и их размерности. Фиксированные точки и критические точки. Фиксированная точка Вилсона-Фишера. Снова уравнение Каллана-Симанчика. Эпсилон -разложение и критические показатели.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Квантовая теория рассеяния

Цель дисциплины:

ознакомление с основными идеями и методами квантовой теории рассеяния.

Задачи дисциплины:

познакомить студентов с основными понятиями и идеями квантовой теории рассеяния, а также подробно рассмотреть ряд физических квантовых систем, участвующих в процессах рассеяния.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные понятия по теме дисциплины.

уметь:

пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования, решать задачи по теме дисциплины.

владеть:

математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

Темы и разделы курса:

1. Нестационарная теория рассеяния. Матрица рассеяния

Нестационарная теория рассеяния. Матрица рассеяния. Интегралы движения и диагонализация S-матрицы. Вероятность перехода за единицу времени. Интегральное уравнение для T-матрицы. Преобразование матрицы рассеяния, сечения.

2. Стационарная теория рассеяния. Уравнение Липпманна-Швингера

Стационарная теория рассеяния. Амплитуда рассеяния. Уравнение Липпманна-Швингера. Связь между амплитудой рассеяния и матрицей перехода. Неупругое рассеяния и реакции. Ряд многократного рассеяния, борновское приближение.

3. Оптическая теорема. Обращение времени

Оптическая теорема. Соотношение унитарности для амплитуды упругого рассеяния. Обращение времени. Теорема Вигнера. Теорема взаимности и детальное равновесие.

4. Аналитические свойства матрицы рассеяния

Аналитические свойства матрицы рассеяния. Аналитические свойства радиальных волновых функций. Случай отличных от нуля моментов. Функции Йоста. Связанные состояния. Квазистационарные состояния и резонансы. Виртуальные состояния. Матрица рассеяния в случае прямоугольной потенциальной ямы.

5. Дисперсионные соотношения. Комплексные моменты

Дисперсионные соотношения. Интегральные представления функций Йоста. Теорема Левинсона. Комплексная энергетическая поверхность. Аналитичность S-матрицы. Комплексные моменты. Полюса матрицы рассеяния. Траектории Редже. Асимптотическое поведение S-матрицы.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Квантовая электродинамика

Цель дисциплины:

Семестровый курс лекций по квантовой электродинамике читается студентам-дипломникам, завершающим своё обучение в Институте теоретической физики им. Л.Д. Ландау РАН. Этот курс самодостаточен и весьма компактен.

Изложение ведётся при помощи аппарата функционального интегрирования, применяется размерностный метод ультрафиолетовой регуляризации. Все вычисления проводятся подробно и до конца. Курс начинается с квантования скалярного поля как примера и заканчивается вычислением однопетлевых поправок в КЭД. В частности, вычисляется аномальный (однопетлевой) вклад в магнитный момент электрона. Основной текст существенно дополняется упражнениями и задачами, приведенными в конце каждой лекции.

Задачи дисциплины:

- познакомить студентов с основными понятиями и идеями в этой области, с постановкой задач и подходами к их решениям. Предполагается, что прослушав этот курс, студенты смогут читать и понимать текущую научную периодику в этой области.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные понятия по теме дисциплины.

уметь:

пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования, решать задачи по теме дисциплины.

владеть:

математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

Темы и разделы курса:

1. Введение в теорию поля.

Воспоминания о гармоническом осцилляторе. Операторы рождения и уничтожения и переход от волновых функций к числам заполнения. Квантование классической струны и акустические фононы. Поля как координаты и сопряженные им импульсы. Преобразование Лежандра. Гамильтониан и канонические коммутационные соотношения. Массивное скалярное поле и уравнение Клейна-Фока-Гордона.

2. Теория поля и релятивизм.

Группа вращений в евклидовом пространстве. Матрицы вращений и орбитальный угловой момент. Унитарные 2×2 матрицы и $SU(2)$. Спиноры и их сопряжение. Соответствие между вращениями в 3-мерном пространстве и преобразованием спиноров. Топологическое отличие $SU(2)$ от $O(3)$. Вращения в пространстве Минковского. Генераторы преобразований Лоренца на языке поворотов и дифференциальных операторов. Замечания о прецессии Томаса. Соответствие между группой Лоренца $SL(2, \mathbb{C})$ и $SU(2) \times SU(2)$, классификация представлений. Обобщение на спиноры и релятивистские преобразования спиноров. Киральные спиноры.

3. Уравнение Дирака.

Вывод уравнения Дирака в киральном представлении. Биспиноры и гамма-матрицы. Конечные повороты в пространстве Минковского и преобразования биспиноров. Пространственная инверсия и четность. Сопряженные биспиноры. Лоренцевы свойства билинейных матричных элементов 16 гамма-матриц. Уравнение Дирака в стандартном «нерелятивистском» представлении. Оператор спина. Биспиноры для свободных частиц. Гамильтонова форма уравнения Дирака. Спин, орбитальный момент и полный угловой момент. Спиральность как хорошее квантовое число для свободных частиц. Левые и правые частицы. Связь с киральным представлением. Расширение группы Лоренца до 10-параметрической группы Пуанкаре. Полный набор коммутационных соотношений для генераторов группы Пуанкаре. Вектор Паули-Любаньского. Операторы Казимира. Вырожденный случай безмассовых частиц и спиральность. Преобразование Фолди-Вотхаузена.

4. Электрон во внешнем поле.

Уравнение Паули и спиновый фактор Ланде. Вывод спин-орбитального взаимодействия и Томас-Френкелевская половинка. Угловые спиноры Берестецкого. Сложение спина и орбитального момента. Две системы угловых спиноров. Точное решение кулоновской задачи. Спин-орбитальное взаимодействие.

5. Комплексное скалярное поле.

Спонтанное нарушение симметрии и теорема Голдстоуна. Феномен Хиггса как частное приложение уравнения Гинзбурга-Ландау. Решения с отрицательными и положительными частотами. Теорема Нётер, тензор энергии-импульса, гамильтониан и сохраняющийся ток. Античастицы. Электрический заряд античастиц. Лагранжиан спинорного поля. Канонический импульс. Вывод гамильтониана преобразованием Лежандра. Оператор

электрического тока. Интерпретация решений с отрицательной частотой. Каноническое квантование фермионных полей и принцип Паули. Преобразование биспиноров и спиральности при зарядовом сопряжении. Зарядовое сопряжение как симметрия лагранжиана.

6. Представление взаимодействия и матрица рассеяния.

Упорядочение по времени. Интуитивная картина процессов рассеяния на языке принципа соответствия (формализм до Швингера-Томонаги-Фейнмана): переход частицы в конечное состояние \rightarrow генерация электромагнитного поля \rightarrow рассеяние второй частицы во внешнем поле. Аппарат функций Грина (пропагаторов). Пропагаторы по Фейнману и связь с T -произведениями. Проекционные операторы для спина-1/2. Квантование электромагнитного поля и выбор калибровки. Переход к выводу теоремы Вика: представление всех амплитуд как матричных элементов между вакуумными состояниями. Рассеяние во внешнем поле в Борновском приближении. Вторая итерация как пример возникновения фермионного пропагатора.

7. Правила Фейнмана.

Пример процесс второго порядка с фотонным пропагатором: рассеяние электрона на мюоне. Тождественность частиц в рассеянии электрона на электроне. Пример процесса с фермионным пропагатором: подробный разбор вывода амплитуды Комpton-эффекта. Свойства комплексного сопряжения амплитуд. Суммирование и усреднение по поляризациям. Техника вычисления следов. Удобство Фейнмановской калибровки. Сохранение тока и взаимное сокращение вкладов нефизических поляризаций. Доминантность рассеяния назад в релятивистском случае. Генерация узких пучков гамма-квантов в рассеянии лазерного света назад на ультрарелятивистских электронах. Процессы с античастицами. Петлевые диаграммы. Полная сводка правил Фейнмана.

8. Петлевые поправки.

Пример поправки к электрон-мюонному рассеянию как иллюстрация понятия неприводимых диаграмм. Свойства сходимости/расходимости неприводимых диаграмм в импульсном пространстве. Квадратичная, линейная и логарифмические расходимости. Трюк Фейнмана в вычислении петлевых интегралов. Проблема квадратичной расходимости поляризации вакуума и потенциальной потери калибровочной инвариантности. Экспоненциальное представление Боголюбова и размерная регуляризация (аналитическое продолжение по размерности пространства-времени) Боллини-Джамбаччи-Хофта-Вельтмана. Чудодейственное восстановление калибровочной инвариантности. Связь полюса по размерности с логарифмической расходимостью при регуляризации по Фейнману. Размерная трансмутация как цена размерной регуляризации. Полюсные и конечные радиационные поправки.

9. Уравнения Дайсона и перенормировки.

Пример пропагатора фотона. Константа перенормировки Z_3 . Собственная энергия электрона. Константа перенормировки Z_2 и перенормировка массы электрона. Вычисление радиационных поправок к вершинной функции, тождество Уорда и равенство $Z_2 = Z_1$. Детальная иллюстрация конспирации радиационных поправок и контрчленов, Перенормировка заряда.

10. Первый триумф КЭД.

Подробный анализ радиационной поправки к вершинной функции. Разделение взаимодействия заряда и магнитного момента. Тождество Гордона. Вывод Швингеровской поправки к магнитному моменту электрона. Тождество Гордона как упрощающий вычисления трюк. Вклад адронной поляризации вакуума в магнитную аномалию.

11. Золотое правило Ферми в релятивистской теории.

Вычисления времен жизни и полных сечений процессов. Фазовый объем и его релятивистская инвариантность. Редукция многочастичных фазовых объемов к двухчастичным. Распределения по инвариантным массам как способ поиска новых частиц. Иллюстрация техники на примере рождения пар Далица. Условие унитарности и оптическая теорема. Аналитические свойства поляризации вакуума как квадрата массы фотона. Связь с сечением e^+e^- в аннигиляционном канале. Правило Кутковского. Прямое вычисление мнимой части поляризации вакуума дает автоматически градиентно-инвариантный ответ.

12. Тормозное излучение и инфракрасная катастрофа в КЭД.

Конспирация реальных и виртуальных поправок как ключ к разрешению парадокса. Квантовая механика конспирации как следствия условия унитарности на языке Фоковских состояний электрона как голого электрона с многофотонным окружением. Приближение Ферми-Вайцзеккера-Вильямса. Приложение к процессу Ландау-Лифшица рождения e^+e^- пары при столкновении ультрарелятивистских заряженных частиц.

13. Второй триумф КЭД.

Введение в КЭД во внешнем поле. Детальный разбор собственной энергии атомарного электрона. Вычисление Лэмбовского сдвига.

14. Релятивистский спин во внешнем поле.

Уравнение Френкеля-Томаса-Баргмана-Мишеля-Телегди (ФТБМТ). Еще один вывод Томас-Френкелевской половинки. Приложения к ускорительной технике. Параметрический спиновый резонанс в накопительных кольцах как пример приложения усреднения по Боголюбову-Крылову к решению уравнения ФТБМТ в представлении взаимодействия.

15. Уравнения Каллана-Симанчика.

Перенормировки, бегущий заряд. Полюс Ландау-Абрикосова-Халатникова и нуль заряда. Фиксированные точки и аномальные размерности. Вводные замечания об асимптотической свободе в квантовой хромодинамике.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Квантовая электродинамика

Цель дисциплины:

ознакомить слушателей с теорией электрослабых взаимодействий – естественной частью подготовки любого специалиста в области современной физики частиц.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся базовых знаний по электрослабым взаимодействиям;
- формирование навыков для решения задач.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Теорию Вайнберга-Салама.

уметь:

Вычислять времена жизни частиц.

владеть:

Математическим аппаратом квантовой теории поля.

Темы и разделы курса:

1. Частицы и их взаимодействие в релятивистской квантовой механике. Скалярные частицы. Примеры простейших процессов. Частицы со спином $\frac{1}{2}$. Простейшие процессы электродинамики.

Функция распространения. Вычисление наблюдаемых величин. Электромагнитное поле.

Свободные релятивистские частицы с массой. Взаимодействие бесспиновых частиц. Взаимодействие бесспиновых частиц с электромагнитным полем.

Диаграммы и амплитуды в импульсном представлении. Амплитуды реально наблюдаемых процессов. Манделштамовская плоскость. Комптон-эффект для π -мезона.

Свободная частица со спином $\frac{1}{2}$. Функция Грина электрона. Матричные элементы амплитуд рассеяния для электронов. Взаимодействие электрона с фотоном.

Рассеяние электронов. Связь спина со статистикой. Рассеяние электрона фотоном (Комптон-эффект). Аннигиляция электрон-позитронной пары в два фотона.

2. Электрон во внешнем поле. Перенормировки. Радиационные поправки. Трудности квантовой электродинамики. Структура слабых токов.

Рассеяние электронов во внешнем поле. Тормозное излучение во внешнем поле. Формула Вайцекера-Вильямса.

Симметрии в квантовой электродинамике. Причинность и унитарность. Перенормировка массы электрона. Перенормировка функции Грина фотона. Перенормировка вершинной части. Обобщенное тождество Уорда.

Радиационные поправки к рассеянию электрона во внешнем поле. Уравнение Дирака во внешнем поле. Радиационные поправки к уровням водородоподобных атомов.

Перенормировки и расходимости. Проблема нуля заряда в КЭД.

Левые заряженные токи. Нарушение P- и C-инвариантности. Универсальность заряженного тока. Нейтральный ток.

3. Распад мюона. Лептонные распады адронов с сохранением странности. Лептонные распады пионов и нуклонов. Лептонные распады K-мезонов и гиперонов. Нелептонное взаимодействие, изменяющее странность. Феноменология нелептонных распадов гиперонов.

Амплитуда и вероятность распада. Распад поляризованного мюона.

Изотопические свойства ud -тока. Связь векторного ud с изовекторным электромагнитным током. Слабый заряд. Киральная инвариантность.

Распады $\pi^+ \rightarrow \pi^0 \pi^+ \pi^-$ Распад $\pi^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu_e$. π -распад нейтрона. Векторные и аксиальные формфакторы. Вероятность распада и угловые корреляции. Распады $\pi \rightarrow \pi e \nu$.

Правило $|\Delta S|=1$ и $\Delta S = \Delta Q$. SU(3)- и SU(2)-свойства us -тока. Лептонные распады K-мезонов и гиперонов.

Свойства затравочного нелептонного лагранжиана. Учет жестких глюонов. Эффективный нелептонный лагранжиан.

4. Динамика нелептонных распадов гиперонов. Кварковые диаграммы. Осцилляции странности. Регенерация.

Кварковые диаграммы. Факторизация внешних диаграмм для распада $\pi \rightarrow p \pi$. Усиление вклада правых кварков. Распад $\pi \rightarrow n \pi$. Распады π -гиперона.

K1- и K2-мезоны. Изотопические соотношения и диаграммы для распадов $K \rightarrow 2\pi$.
Распады $K \rightarrow 3\pi$

Переходы $K1 \leftrightarrow K2$ и разность масс $K1 - K2$. Механизм Глешоу-Иллииопулоса-Майани.
Осцилляции странности. Регенерация.

Распад $KL \rightarrow \pi\pi\pi\pi\pi\pi$ Другие наблюдавшиеся CP-неинвариантные эффекты.
Сверхслабое перемешивание. Нарушение T-инвариантности и дипольный момент нейтрона. $\pi\pi$

Нейтрино $\pi\pi\pi$ Полулептонные и адронные распады.

5. Распады очарованных адронов. Кварки третьего поколения. Взаимодействие нейтрино с электронами. Взаимодействие нейтрино с нуклонами. Калибровочная инвариантность.

Распады c-кварка. Сравнение D^+ и D^0 мезонов. Роль виртуальных глюонов и «спектаторных» кварков. Двухчастичные лептонные распады D-мезонов. Переходы $D^0 \leftrightarrow \bar{D}^0$.

Унитарная матрица $\pi\pi$, матрица девяти кварковых токов. Распады b-кварка. Вклады b и t кварков в смешивание K, B, Bs и D мезонов. О нарушении CP-инвариантности в смешивании K-мезонов.

Кинематика и сечение реакции $\pi e \pi\pi\pi$. Упругое πe -рассеяние под действием заряженного тока. Общий вид сечений. Другие проявления πe -взаимодействия. Рождение мюонной пары под действием нейтрино в кулоновском поле ядра.

Партоны. Кинематика и сечения взаимодействия лептонов с партонами. Распределения партонов. Феноменология глубоко неупругих процессов. Партонная модель и квантовая хромодинамика.

Глобальная абелева симметрия U(1). Глобальная неабелева симметрия SU(2). Локальные симметрии. Как учесть массы?

6. Спонтанное нарушение симметрии. Стандартная модель электрослабого взаимодействия. Нейтральные токи. Свойства промежуточных бозонов. Свойства хиггсовских бозонов.

Спонтанное нарушение калибровочной абелевой симметрии. О сохранении электрического заряда. Спонтанное нарушение локальной SU(2)-симметрии.

Основные черты модели. Массы W- и Z-бозонов. Связь между электрическим зарядом и константами g, g'. Связь между вакуумным средним и константой Ферми. Масса электрона, других лептонов и кварков.

Рассеяние электронного нейтрино на электроны. Рассеяние электронного нейтрино на мюоне. Аннигиляция $e e \rightarrow \pi\pi$. Нейтральные токи и взаимодействие нейтрино с нуклонами.

Распады W- и Z-бозонов. Рождение Z-бозонов в электрон-позитронной аннигиляции. Рождение W- и Z-бозонов в pp-столкновениях.

О массе бозона Хиггса. Роль H-бозона при высоких энергиях. Взаимодействие H-бозона с тяжелыми кварками и глюонами. Взаимодействие H-бозона с W- и Z-бозонами. Общие замечания о хиггсовских бозонах.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Квантово-химическое моделирование молекулярных систем

Цель дисциплины:

- формирование у обучающихся основ знаний по квантовой химии и используемых в молекулярном моделировании приближениях, овладение обучающимися навыками оценки адекватности квантовохимических расчётов и прикладного квантовохимического моделирования химических реакций.

Задачи дисциплины:

- обоснование важности теоретических методов для развития современной химии;
- введение в теорию основных методов квантовой химии и обсуждение роль основных допущений, на которых эти методы основываются;
- приобретение студентами практических навыков работы с современными квантовохимическими программными пакетами с акцентом на том, как выбор параметров расчета сказывается на используемых допущениях и, в конечном счете, на надежности получаемых результатов;
- освоение студентами подходов к решению стандартных задач квантовохимического моделирования и готовность использовать полученные навыки при решении задач, требующих знания основ квантовой химии.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- теоретические основы квантовой химии и основные приближения, используемые при решении стандартных задач квантовохимического моделирования.

уметь:

- применять квантовохимическое моделирование для решения стандартных задач квантовохимического моделирования, интерпретировать результаты и оценивать их надежность.

владеть:

- навыками использования программного пакета ORCA для моделирования химических реакций и предсказания свойств молекул.

Темы и разделы курса:

1. Введение в квантовую химию. Взаимодействие ядер и электронов между собой.

1.1. Основные задачи квантовой химии, её отличия от молекулярной механики. Квантовая природа электрона. Уравнение Шрёдингера, понятие волновой функции. Зависимость уравнения Шрёдингера от времени, стационарные решения. Приближение Борна-Оппенгеймера и его применимость. Релятивистские эффекты в движении электронов.

1.2. Численные методы решения уравнения Шрёдингера, их классификация. Понятие уровня теории. Принцип Паули, метод Хартри-Фока, приближение МО-ЛКАО. Вариационный принцип и метод самосогласованного поля. Метод конфигурационных взаимодействий, методы теории возмущений, методы связанных кластеров. Полуэмпирические и молекулярномеханические методы. Влияние выбора квантовохимического метода на результат расчёта. Эффект компенсации ошибок метода.

1.3. Роль базисных наборов в квантовохимических расчётах. Типы базисных функций, группировка (контракция) гауссовых базисных функций. Расщепленность базисного набора. Поляризационные и диффузные базисные функции, их роль в описании поведения электронов. Семейства базисных наборов. Выбор базисного набора. Ошибка суперпозиции базисного набора (BSSE) и эффект компенсации ошибок метода.

1.4. Методы теории функционала плотности и их классификация. Обменная и корреляционная энергия. Локальные, полулокальные и гибридные приближённые функционалы. Эмпирические и неэмпирические способы построения функционалов. Природа дисперсионных взаимодействий и проблема их учёта в методе теории функционала плотности.

1.5. Движение атомов в химических процессах. Конформационные переходы, поверхность потенциальной энергии. Определение типа стационарной точки. Способы учёта конформационной подвижности изучаемых систем. Энергия нулевых колебаний (ZPE), способы расчёта энтальпии и свободной энергии молекул. Больцмановское распределение и его следствия.

2. Роль модельной системы в квантовохимическом моделировании.

2.1. Модельная система. Влияние выбора модельной системы на надёжность результатов моделирования. Связь величины модельной системы и количества её стационарных состояний. Шкалирование квантовохимических методов с увеличением модельной системы и способы ускорения расчётов крупных систем.

2.2. Взаимодействие химической системы с окружающими молекулами, сольватация. Влияние сольватации на предпочтительные конформации системы. Способы учёта

сольватации. Модели неявного учёта растворителя: PCM, COSMO, SMD. Модели явного учёта молекулярного окружения: QM/MM, ONIOM.

3. Квантовохимическое моделирование спектральных свойств молекул (ИК, УФ, ЯМР)

3.1. Поведение молекул в растворе и в газе. Физические процессы, стоящие за поглощением молекулами ИК-излучения. Правила отбора в ИК-спектроскопии. Моделирование ИК-спектров. Влияние уровня теории на точность воспроизведения ИК-спектров, шкалирующие коэффициенты для ИК-спектроскопии. Влияние растворителя на ИК-спектры.

3.2. Поведение молекул в растворе и в газе при электронном возбуждении. Физические процессы, стоящие за поглощением/испусканием молекулами УФ-излучения. Правила отбора в УФ-спектроскопии. Моделирование УФ-спектров. Учёт влияния вибронного взаимодействия на УФ спектры. Закон Бугера-Ламберта-Бера и отклонения от него. Влияние растворителя на УФ-спектры: методы линейного отклика и конфигурационно-специфической сольватации. Влияние уровня теории на точность воспроизведения УФ-спектров.

3.3. Поведение молекул в электромагнитном поле. Физические процессы, стоящие за ЯМР-спектрометрией. Моделирование ЯМР-спектров. Влияние уровня теории на точность воспроизведения ЯМР-спектров.

4. Квантовохимическое моделирование химических реакций.

4.1. Соотношение кинетики и термодинамики. Скорость реакции, константа скорости и константа равновесия, их связь. Кинетический и термодинамический контроль реакций. Уравнение Аррениуса. Теория активных соударений. Активированный комплекс – переходное состояние. Поверхность потенциальной энергии, координата и профиль пути реакции. Сложные и элементарные реакции, лимитирующая стадия. Принцип Кёртина-Гаммета.

4.2. Способы расчёта энергии активации (E_a) и энтальпии реакции (ΔH) с помощью методов квантовой химии. Моделирование органических реакций: реакции SN2, SE2, Дильса-Альдера и др.

4.3. Расчёт соотношения продуктов реакции, в том числе, энантиомерного избытка в стереоселективных реакциях. Моделирование каталитических реакций. Соотнесение рассчитанных величин с экспериментальными данными. Синергия между экспериментом и расчётом в определении молекулярного механизма химических реакций, кинетический изотопный эффект. Способы оценки вкладов слабых взаимодействий в стабилизацию переходных состояний для определения ключевых взаимодействий: натуральные связывающие орбитали (NBO) и теория «Атомы в Молекулах» (QTAIM).

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Квантовые материалы

Цель дисциплины:

познакомить обучающихся с различными типами квантовых материалов, изучить их характерные особенности и получить представление о возможности применений для квантовых технологий.

Задачи дисциплины:

- дать базовое представление об основных эффектах в различных типах квантовых материалов;
- познакомить учащихся с особенностями каждого класса материалов;
- дать представление о различных направлениях применений;
- ознакомить с характерными методами изучения материалов и вариантами синтеза обсуждаемых в курсе материалов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные явления, которые характерны для низко размерных материалов; отличия каждого типа квантовых материалов и их особенности; методы изучения квантовых материалов; способы создания различных материалов; особенности применений для квантовых технологий.

уметь:

описать основные процессы, которые могут происходить в каждом из типов квантовых материалов; подобрать наиболее подходящий метод для характеристики материала; определить какие параметры могут влиять на свойства в зависимости от типа структуры.

владеть:

основными понятиями, которые будут использоваться для описания низко размерных структур.

Темы и разделы курса:

1. Введение

Что-такое квантовые материалы. Краткий обзор материалов (металлы, диэлектрики, полупроводники). Обзор квантовых частиц в ТТ (электроны, фотоны, фононы, магноны, поляритоны).

2. Квантовые точки

Виды систем квантовых точек, Кулоновская блокада, спиновые состояния в квантовых точках.

Спиновые состояния в квантовых точках. Спиновые кубиты.

3. NV-центры и аналоги

NV центры и другие центры вакансий. Различные типы вакансий, особенности, применения.

4. Фуллерены

Фуллерены для квантового компьютера. Фуллерены с магнитными свойствами, фуллерены, имеющие отклик в ТГц диапазоне.

5. Одностенные углеродные нанотрубки

Одностенные углеродные нанотрубки (ОУН) и их свойства. ОУН как канал транзистора, физика с одиночными молекулами на нанотрубке (как квантовые точки, но более подробно). Применения.

6. Полосы графена

Полосы графена. Каналы для транзисторов, изменения в зонной структуре в отличии от графена. Плазмоны в ТГц.

7. Графен

Графен, зонная структура, основные области применений (графеновые квантовые точки state of the art).

8. Двумерные слоистые материалы

Двумерные материалы. Применения для квантовых технологий, особенности электронной структуры.

9. Магнонная логика

Однофотонные источники на примере ОУН и других систем.

10. Однофотонные источники

Магнитные квантовые материалы (двумерные слои CrI₃, магнитные заполненные фуллерены, другие магнитные материалы).

11. Синтез и характеристика

Синтез и характеристика материалов.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Квантовый магнетизм и методы исследования магнитной структуры

Цель дисциплины:

изучение и понимание основ науки о материалах, получение навыков работы с методами исследования магнитных структур, умение правильно интерпретировать результаты эксперимента.

Задачи дисциплины:

- повторение основ физики твердого тела;
- изучение основ кристаллографии;
- изучение основ фазовых равновесий и диаграмм фазового состояния;
- изучение основных методов синтеза и исследования твердых тел.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Основы магнетизма в 1D, 2D, 3D системах, основные типы магнитного упорядочения, основные методы исследования магнитной структуры (ЯМР, Мессбауэр, ЭПР), виды нарушений симметрии и способы их описания, элементы теории рассеяния на магнитных ионах и магнитных примесях.

уметь:

Выводить основные соотношения молекулярной модели Вейсса, находить графическое решение модели Вейсса, вычислять соотношение частот ЯМР изотопов одного ядра, выводить условие преобладания гелимагнетизма на ферро- и антиферромагнетизмом, выводить зависимость удельного сопротивления от температуры при наблюдении эффекта Кондо.

владеть:

Базовыми понятиями квантового магнетизма и теоретическими основами основных методов исследования магнитной структуры.

Темы и разделы курса:

1. Магнетизм в 3-мерных системах

Магнитные свойства изолированных ионов. Основное состояние магнитного иона. Правила Хунда. Основное состояние 3d- и 4f-ионов. Кристаллическое поле. Замораживание орбитального момента. Эффект Яна-Теллера. Парамагнетизм невзаимодействующих ионов. Функция Бриллюэна. Обменные взаимодействия. Парамагнетизм Паули.

2. Магнитное упорядочение

Гамильтониан взаимодействия. Ферромагнетизм. Модель молекулярного поля Вейсса. Парамагнетизм. Закон Кюри-Вейсса. Антиферромагнетизм. Влияние внешнего поля. Типы антиферромагнитного упорядочения. Ферризм. Гелимагнетизм. Примеры.

3. Методы исследования магнитной структуры: ЯМР-спектроскопия

3.1. Момент количества движения ядра. Магнитный момент ядра. Гиромагнитное отношение. Квадрупольный момент ядра. Таблица ЯМР-ядер. Макроскопическая намагниченность. Прецессия магнитного момента ядра в постоянном магнитном поле. Переменное магнитное поле. Вращающаяся система координат. Параметры ВЧ импульса. Основные импульсы. Метод спинового эха.

3.2. Сигнал свободной индукции (FID). Фурье-спектроскопия. Блок-схема спектрометра ЯМР. Квадратурное детектирование. Датчик ЯМР. Практическая реализация.

3.3. Спин-решеточная и спин-спиновая релаксация. Уравнение Блоха. Форма линии ЯМР. Химический сдвиг. Спектр ЯМР в монокристалле и порошке. Ядерный квадрупольный резонанс (ЯКР). Схема энергетических уровней для ядер со спином $I = 3/2$ в присутствии Зеемановского и квадрупольного взаимодействия различной интенсивности.

3.4. Применение ЯМР в исследовании высокотемпературных сверхпроводников: вихревая магнитная решетка; магнитная структура в АФ-состоянии; исследование механизмов спаривания в ВТСП. Применение ЯМР в исследовании геликоидальных магнитных структур.

4. Методы исследования магнитной структуры: Мессбауэровская спектроскопия

4.1. Явление ядерного гамма-резонанса (эффект Мессбауэра). Схема ядерных энергетических уровней и переходов. Таблица мессбауэровских ядер. Схема эксперимента. Ширина спектральной линии. Коэффициент Мессбауэра. Изомерный сдвиг. Квадрупольное уширение. Магнитное расщепление. Сравнение с ЯМР.

4.2. Математическая обработка мессбауэровских спектров. Определение величины магнитного поля. Применение для исследования магнитной структуры магнетиков.

5. Методы исследования магнитной структуры: ЭПР и μ -SR спектроскопия

Явление электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Схема эксперимента. Расщепление уровней в магнитном поле. Влияние кристаллического поля. Сверхтонкая

структура линий ЭПР. Вращение спина мюона в магнитном поле (μ -SR). Определение магнитной структуры вещества с помощью μ -SR спектроскопии.

6. Нарушение симметрии

Модель ферромагнетизма Ландау. Модели Гейзенберга и Изинга. Свойства низкоразмерных моделей. Свойства фаз с нарушенной симметрией. Фазовые переходы. Критические экспоненты и корреляционная длина. Магноны. Закон дисперсии магнонов. Теорема Мермина – Вагнера – Березинского.

7. Димеры

Система двух ионов со спином $S = \frac{1}{2}$. Магнитная восприимчивость димеров. Примеры неорганических димерных систем. Взаимодействие между димерами. Методы измерения спиновой щели в димерных системах.

8. 1D - магнитные системы

Виды магнитных цепочек. Точные решения задачи Изинга. Квазиодномерная цепочка спинов $S = \frac{1}{2}$. Слабо связанные цепочки. Пример: Sr_2CuO_3 . Квазиоднородная цепочка спинов $S = 1$ (системы Халдейна). Альтернированные цепочки. Формирование основного немагнитного состояния в CuGeO_3 и NaV_2O_5 . Спиновые лестницы $S = \frac{1}{2}$. Фазовая диаграмма. Примеры.

9. Несоизмеримый геликоидальный магнитный порядок в квазиодномерных магнетиках LiCu_2O_2 и NaCu_2O_2 : исследование методом ЯМР

Кристаллическая структура LiCu_2O_2 и NaCu_2O_2 . Магнитные взаимодействия. Фазовые переходы: магнитная восприимчивость, теплоемкость и μ -SR. ЯМР ^7Li в LiCu_2O_2 , сравнение с ЯМР ^7Li . Интегралы взаимодействия. Сравнение с NaCu_2O_2 .

10. Элементы теории рассеяния на магнитных ионах

Взаимодействие электронов проводимости с магнитными ионами. Упругое рассеяние электронов проводимости на примесных магнитных ионах. Неупругое рассеяние электронов проводимости на примесных магнитных ионах. Рассеяние электронов на изолированном магнитном ионе – эффект Кондо. Свойства модели Кондо.

11. Магнитные примеси

Виртуальные связанные состояния. Переходные 3d металлы в металлической матрице, условия магнитного состояния 3d примеси. Модель Андерсона. Кондо-резонанс. Кондо-примесь. Кондо-решетки. РККУ-взаимодействие. Диаграмма Дониаха.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Кварковая структура адронов

Цель дисциплины:

овладение методами кварковой теории строения элементарных частиц.

Задачи дисциплины:

познакомить студентов с основными понятиями и идеями в этой области, с постановкой задач и подходами к их решению. Предполагается, что прослушав этот курс, студенты смогут читать и понимать текущую научную периодику в этой области.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

методы кварковой теории строения элементарных частиц.

уметь:

пользоваться методами кварковой теории строения элементарных частиц.

владеть:

методами кварковой теории строения элементарных частиц.

Темы и разделы курса:

1. Частицы, поля, взаимодействия.

- Классы частиц и типы взаимодействий.
- Лагранжиан сильных взаимодействий и его симметрии.
- Сохраняющиеся токи и сохраняющиеся заряды.
- Заряды как генераторы преобразований симметрии.

2. Дискретные симметрии.

- Операция пространственной инверсии.
- P-четности частиц.
- Зарядовое сопряжение.
- C-четности частиц.
- G-преобразование.
- Примеры применения законов сохранения P-, C- и G-четностей в распадах частиц.

3. Изотопическая симметрия.

- Изотопические дублеты кварков и антикварков.
- Триплеты и синглеты мезонов.
- Квартеты и дублеты барионов.
- Системы двух и трёх пионов.
- Пион-нуклонное рассеяние.

4. SU(3) - симметрия.

- Фундаментальное кварковое представление. Матрицы Гелл-Манна.
- Октеты и синглеты мезонов.
- Октеты и декуплеты барионов. Роль статистики Ферми.
- Две презентации октета барионов.

5. Массовые формулы. Смешивание.

- Нарушение SU(3) – симметрии утяжелением странного кварка.
- Массовые формулы для октета барионов.
- Массовые формулы для декуплета барионов.
- Массовые формулы для псевдоскалярных и векторных мезонов.
- Смешивание мезонов.

6. Смешивание псевдоскалярных и векторных мезонов.

- SU(3) – симметричный предел для масс псевдоскалярных и векторных мезонов.
- Смешивание псевдоскалярных мезонов по их распадам на два фотона.

- Смешивание векторных мезонов по их распадам на электрон-позитрон.

7. Магнитные моменты барионов.

- $SU(3)$ – симметричный предел для магнитных моментов барионов.
- Магнитные моменты барионов в аддитивной кварковой модели.
- Нарушение гипотезы аддитивности в КХД.

8. Киральная симметрия и массы кварков.

- Левые и правые кварки. Спиральность и киральность.
- Нелинейная реализация киральной симметрии.
- Частичное сохранение аксиального тока и массы кварков.

9. Киральная теория возмущений.

- Теоретические предпосылки для киральной теории возмущений.
- Лагранжиан киральной теории возмущений в низшем порядке теории возмущений.
- Пион-пионное рассеяние.
- Распады эта- мезона на пионы.

10. Аномалии аксиальных токов.

- Расширение киральной симметрии синглетными векторными и аксиальными токами.
- Аномалия аксиального тока в безмассовой электродинамике.
- Аномалия синглетного аксиального тока в КХД с безмассовыми кварками.
- Аномалия аксиального тока, связанного с нейтральным пионом и распад этого пиона на два фотона.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Кинетика физических процессов в твердых телах

Цель дисциплины:

освоение студентами фундаментальных знаний по физике твердого тела, включая базовые механизмы поведения ядерных материалов под облучением и их взаимодействия в процессе разрушения активной зоны ядерного реактора при тяжелых авариях на АЭС

Задачи дисциплины:

- приобретение студентами знаний в области моделирования процессов в твердых телах;
- приобретение навыков количественных оценок основных параметров, характеризующих свойства облученных материалов;
- приобретение студентами навыков качественного анализа и количественных оценок применительно к проблеме безопасности атомных станций
- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области решения практических задач в рамках выпускных работ на степень магистра.
- обучить студентов методам и приемам моделирования экспериментальных данных и обработки результатов измерений.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- современные проблемы физики и материаловедения;
- теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и приложениях;
- постановку проблем физического моделирования;
- специфические особенности кинетических процессов в задачах взаимодействия материалов при тяжелых авариях на АЭС;
- физику набухания ядерных материалов под облучением.

уметь:

- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных, прикладных и технологических задач;

- производить численные оценки по порядку величины;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- осваивать новые предметные области и теоретические подходы;
- эффективно использовать методы теории твердых тел в прикладных задачах безопасности атомной энергетики и радиационного материаловедения.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- математическим моделированием физических задач физики твердого тела;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач, относящихся к проблеме безопасности атомной энергетики.
- навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- методами статистической физики, термодинамики и физической кинетики.

Темы и разделы курса:

1. Термодинамическое равновесие между различными твердыми фазами

Общие условия фазового равновесия; правило фаз Гиббса. Фазовые превращения. Диаграммы состояния: растворимость в твердом состоянии, образование промежуточных фаз и эвтектик. Твердые растворы и сплавы: типы структур и полиморфизм.

2. Диффузионные процессы в твердых телах

Микроскопические механизмы диффузии. Граничная кинетика и образование диффузионной зоны. Феноменологическое описание взаимной диффузии в сплавах. Реакционная диффузия и формирование фаз в диффузионной зоне. Окисление металлов. Неустойчивость движения межфазной границы и формирование двухфазной области; рост дендритов.

3. Кинетика фазовых превращений

Теория Фольмера - Зельдовича зарождения новой фазы. Процессы выделения из твердого раствора; спинодальный распад. Процессы упорядочения сплавов. Плавление и кристаллизация; рост кристаллов. Кинетика фазовых превращений при сверхбыстром охлаждении расплавов; аморфизация металлов и сплавов. Процессы разрушения активной зоны реактора при тяжелых авариях на АЭС.

4. Дефекты кристаллов и радиационное материаловедение

Радиационные точечные дефекты и пары Френкеля. Дислокации и пластические свойства кристаллов; радиационно - стимулированная ползучесть и упрочнение кристаллов. Формирование вакансионных пор и набухание материалов под облучением.

Формирование газовой пористости в кристаллах; механизмы роста и высвобождения пузырей и вылет радионуклидов из ядерного топлива.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Кинетическая теория процессов переноса веществ и энергии

Цель дисциплины:

- знакомство с молекулярной структурой газовой среды, основами строгой кинетической теории газов, консервативным вычислением оператора столкновений проекционным методом, постановкой краевых задач и методами решения уравнения Больцмана;
- знакомство с понятием вязкости и теплопроводности газа. Вывод условия применимости уравнений гидродинамики. Изложение системы уравнений для моментов от функции распределения.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области физики переноса массы и энергии на основе кинетического уравнения Больцмана;
- обучение студентов основным методам и подходам, используемым в кинетической теории, изучение базовых принципов кинетической теории, основанной на уравнении Больцмана;
- формирование подходов, основанных на конечно-разностных аппроксимациях оператора адвекции кинетического уравнения, расщепление кинетического уравнения по физическим процессам. Дискретная реализация начальных и граничных условий.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- принципы и методы кинетической теории Больцмана, получения когерентного излучения, физические явления, лежащие в основе методов переноса газов и излучения в сложных средах и композициях.

уметь:

- численно решать кинетическое уравнение.

владеть:

- методами компьютерного моделирования газокинетических процессов, методами разработки проблемно-моделирующих сред на современных суперкомпьютерных системах.

Темы и разделы курса:

1. Кинетические уравнения для смеси газов и для молекулярных газов.

- Система кинетических уравнений для смеси газов.
- Вращательные уровни энергии многоатомных молекул.
- Колебательные уровни энергии многоатомных молекул.
- Обобщенное кинетическое уравнение для газа с внутренними степенями свободы.

2. Кинетическое уравнение для переноса излучения.

- Вывод кинетического уравнения переноса излучения.
- Интегральная форма уравнения переноса излучения.
- Диффузионное приближение.
- Граничные условия для уравнения переноса излучения.

3. Макроскопические следствия уравнения Больцмана.

- Уравнения переноса Максвелла.
- Вывод уравнений гидродинамики Эйлера и Навье-Стокса.
- Вязкость и теплопроводность газа.
- Условия применимости уравнений гидродинамики.
- Система уравнений для моментов от функции распределения.

4. Молекулярная структура газовой среды.

- Основные физические характеристики газа.
- Молекулярные потенциалы.
- Бинарные столкновения и длина свободного пробега молекул.
- Критерии разреженности газа.
- Элементарная теория процессов переноса в газе.

5. Оператор столкновений для одноатомного газа.

- Формулы преобразования скоростей при бинарных столкновениях.
- Основные свойства оператора столкновений.
- H-теорема и необратимость.
- Консервативное вычисление оператора столкновений проекционным методом.

6. Основы строгой кинетической теории газов.

- Функция распределения молекулярных скоростей.
- Определение макропараметров газа по функции распределения.
- Газ в состоянии термодинамического равновесия.
- Кинетическое уравнение Больцмана для одноатомного газа.
- Классический вывод уравнения Больцмана.
- Вывод уравнения Больцмана из уравнения Лиувилля.
- Пределы применимости уравнения Больцмана.

7. Постановка краевых задач и методы решения уравнения Больцмана.

- Взаимодействие газа с поверхностью твердого тела.
- Постановка граничных условий для кинетического уравнения.
- Безразмерные величины и критерии подобия.
- Кинетическое уравнение в безразмерных переменных.
- Решение уравнения Больцмана методом дискретных ординат.

8. Энергетическое распределение излучения.

- Энергетический спектр замедления.
- Резонансное поглощение.
- Термализация.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Китайский язык для научно-технических целей

Цель дисциплины:

Формирование и развитие социальных, деловых, межкультурных и профессионально-ориентированных коммуникативных компетенций по общеевропейской шкале уровней владения иностранными языками для решения коммуникативных задач в академической, научно-технической и профессионально-деловой сферах деятельности, а также для развития профессиональных и личностных качеств выпускников бакалавриата.

Задачи дисциплины:

Сформировать способность обучающегося к чтению научных и технических текстов различной степени полноты и точности понимания: просмотровому (предполагает ознакомление с общей проблематикой текста и способность кратко изложить затронутые в нем темы); ознакомительному (предполагает умение вычленить основные повествовательные блоки и изложить суть посылок и выводов автора, понимание на уровне 70% информации); изучающему (предполагает абсолютное и исчерпывающее понимание содержания текста); а также к решению языковыми средствами коммуникативных задач в различных ситуациях межкультурного общения, осуществлению межличностного и профессионального общения на иностранном языке с учётом особенностей культуры изучаемого языка; умение преодолевать межкультурные различия в ситуациях в ситуациях общебытового, социального и профессионального общения.

Для достижения целей и задач освоения дисциплины, обучающиеся должны овладеть иноязычной общепрофессиональной коммуникативной компетенцией, включающей в себя:

Читательскую компетенцию: способность к корректному извлечению информации из текста.

Профессионально ориентированную читательскую компетенцию: способность к пониманию и обработке текстовой информации профессиональной направленности.

Лингвистическую компетенцию: способность в соответствии с нормами изучаемого языка правильно конструировать грамматические формы и синтаксические построения.

Социолингвистическую компетенцию (способность использовать и преобразовывать языковые формы в соответствии с ситуацией иноязычного общения).

Социокультурную компетенцию: способность учитывать в общении речевое и неречевое поведение, принятое в стране изучаемого языка.

Социальную компетенцию: способность взаимодействовать с партнерами по общению, владение соответствующими стратегиями.

Дискурсивную компетенцию (способность понять и достичь связности отдельных высказываний в значимых коммуникативных моделях)

Стратегическую компетенцию: умение пользоваться наиболее эффективными стратегиями при решении коммуникативных задач.

Предметную компетенцию: знание предметной информации при организации собственного высказывания или понимания высказывания других людей.

Прагматическую компетенцию: умение выбирать наиболее эффективный и целесообразный способ выражения мысли в зависимости от условий коммуникативного акта и поставленной задачи.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные фонетические, лексико-грамматические, стилистические особенности китайского языка и его отличие от родного языка;
- особенности использования изучаемого языка в повседневной, академической, научной, деловой и профессиональной коммуникации;
- основную лексику, терминологию китайского языка, относящуюся к научно-технической сфере;
- основные особенности письменной и устной форм коммуникации в научной среде;
- межкультурные различия, культурные традиции и реалии, языковые нормы, социокультурные особенности поведения и речевого этикета страны изучаемого языка при устной и письменной межличностной коммуникации, межкультурном общении;
- особенности иноязычной академической коммуникации, приемы извлечения и сообщения иноязычной информации в академических целях;
- основы организации письменной коммуникации, типы коммуникативных задач письменного общения и функции письменных коммуникативных средств;
- виды и особенности письменных текстов и устных выступлений, общее содержание сложных текстов на абстрактные и конкретные темы, особенности иноязычных текстов, универсальные закономерности структурной организации текста, в том числе узкоспециальных текстов;
- принципы поиска и извлечения иноязычной информации, основные правила определения релевантности и надежности иноязычных источников, анализа и синтеза информации;
- достижения, открытия, события из области истории, культуры, политики, социальной жизни китайскоязычных стран;
- базовую лексику и терминологию для академического, научного и профессионального общения;

уметь:

- порождать адекватные в условиях конкретной ситуации общения устные и письменные тексты профессиональной (научно-технической) направленности;
- устно и письменно реализовывать коммуникативное намерение с целью воздействия на партнера по общению;
- адекватно понимать и интерпретировать смысл и намерение автора при восприятии устных и письменных аутентичных текстов;
- выявлять общую тематику научного текста, конспектировать, излагать основную идею, ход рассуждения автора и основные выводы;
- извлекать общую и детальную информацию при чтении аутентичных китайскоязычных текстов, в том числе научно-публицистических;
- передавать на русском языке содержание китайскоязычных научных и публицистических текстов в сфере профессиональной деятельности;
- выполнять перевод профессиональных текстов с иностранного языка на государственный язык Российской Федерации с учетом лексико-грамматических и стилистических особенностей языка оригинала и языка перевода и стандартных способов решения коммуникативных задач в области профессиональной деятельности
- сообщать информацию на основе прочитанного текста в форме подготовленного монологического высказывания (презентации по предложенной теме);
- понимать монологические и диалогические высказывания при непосредственном общении и в аудио/видеозаписи;
- понимать коммуникативные интенции полученных письменных и устных сообщений;
- проявлять толерантность, эмпатию, открытость и дружелюбие при общении с представителями другой культуры в академической / профессиональной среде;
- использовать современные информационные технологии для профессиональной деятельности;
- подбирать литературу по теме, составлять двуязычный словарь, переводить и реферировать специальную литературу, подготавливать научные доклады и презентации на базе прочитанной специальной литературы, объяснить свою точку зрения и рассказать о своих планах;
- использовать приемы и принципы построения публичной речи для сообщения профессионально-ориентированного содержания на китайском языке;
- распознавать и дифференцировать языковые и речевые явления, выделять основную и второстепенную информацию при чтении текстов и восприятии речи на слух, использовать типовые средства устной и письменной коммуникации в межличностном общении; применять адекватные коммуникативные средства в стандартных ситуациях общения на профессионально-ориентированные темы;

- описывать графическую информацию (круговая гистограмма, таблица, столбиковый и линейный графики); написать короткую статью на заданную тему;
- написать саммари, ревью, краткую статью-совет на предложенную тему;
- реферировать и аннотировать иноязычные профессиональные тексты;
- создавать корреспонденцию с учетом социокультурных требований к внешней и внутренней формам текста и использованием типизированных речевых высказываний;
- уметь представлять результаты исследования в письменной и устной форме на китайском языке.

Владеть:

- лексико-грамматической базой для осуществления коммуникации в научно-технической профессиональной и академической среде;
- навыками чтения научно-технической литературы на китайском языке;
- навыками перевода научно-технической литературы с китайского языка на русский;
- навыками аннотирования и реферирования оригинальных научно-публицистических статей на китайском языке;
- межкультурной профессионально ориентированной коммуникативной компетенцией в разных видах речевой деятельности;
- социокультурной компетенцией для успешного взаимопонимания в условиях общения с представителями другой культуры в академической среде;
- учебными стратегиями для организации своей учебной деятельности;
- разными приемами запоминания и структурирования усваиваемого материала;
- Интернет-технологиями для выбора оптимального режима получения информации;
- презентационными технологиями для сообщения информации.
- различными видами чтения (просмотровое, ознакомительное, изучающее) с целью извлечения информации;
- методом поиска и анализа информации из различных источников в профессиональной области;
- навыками составления выступления с докладом, написания научной статьи.

Темы и разделы курса:

1. Модуль 1 Китайский язык для специальных целей. Вводный курс
2. Тема 3. Знакомство с интернетом, сайтом университета. Знакомство с иностранными коллегами, обсуждение учебы. Гаджеты

Интернет, сайт, веб-адрес, страница, личный кабинет, логин, пароль, университет; компьютер, телефон, планшет, ноутбук.

Коммуникативные задачи: воспринимать на слух и воспроизводить слова, словосочетания, фразы соблюдая произносительную норму китайского языка; читать слова, словосочетания и фразы как записанные пиньинь, так и записанные иероглифами, соблюдая произносительную норму китайского языка; составлять фразы, соблюдая лексико-грамматические нормы китайского языка; участвовать в диалоге-расспросе и диалоге-побуждении к действию.

Грамматическая сторона речи: основные коммуникативные типы предложений (повествовательные (утвердительные/отрицательные), вопросительные (общий и специальный вопрос), побудительные, восклицательные) и их структуры (порядок слов, топик и комментарий (подлежащее и сказуемое, инвертированное дополнение и т.п.). Предложения с глаголом-связкой 是 shì, положение отрицания 不 bù в предложении с глаголом-связкой 是 shì, вопросительные предложения с частицами 吗 ma, 吧 ba, 呢 ne.

Определение со значением притяжательности. Частица 的 de. Порядок следования определений в китайском предложении. Личные местоимения в китайском языке, их функции и употребление. Указательные и вопросительные местоимения в китайском языке. Вопросительные предложения с вопросительными местоимениями. Порядок слов в вопросительном предложении с вопросительным местоимением. Предложение с глагольным сказуемым (глаголом действия в позиции комментария). Наречия 也 yě и 都 dōu, их место в предложении относительно сказуемого. Сочетание наречия 都 dōu с отрицанием 不 bù.

Произносительная сторона речи: соблюдение основных требований к произношению звуков китайского языка и различение на слух всех звуков китайского языка; соблюдение правил системы тонов китайского языка; основные типы интонации китайских предложений, мелодика и ритм китайских предложений разных типов, фразовое ударение.

Лексическая сторона речи: устойчивые выражения, описывающие работу с гаджетами и интернет-сайтом.

Письмо: основные правила каллиграфии, основы иероглифики, овладение графемами и иероглифами в соответствии с осваиваемым лексико-грамматическим материалом, написание небольших письменных высказываний в соответствии с коммуникативной задачей.

3. Тема 4. Знакомство с кампусом, местонахождение объекта в пространстве, стороны света. Лаборатория. Точные науки

Ориентирование в кампусе, расположение объектов внутри и снаружи студенческого городка. Указание направлений движения, сторон света, описание взаиморасположения объектов в пространстве. Изучение различных наук в университете.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: строить логические высказывания, вести комбинированный диалог, включающий элементы разных типов диалогов; рассказывать, рассуждать в рамках изученной тематики и проблематики, в том числе приводя примеры, аргументы; описывать события, излагать факты/прочитанное/прослушанное/увиденное; сообщение местоположения и направления движения, о том как проехать/пройти и на каких видах транспорта; где найти нужный предмет в помещении.

Лексическая сторона речи: устойчивые выражения, названия сторон света, послелого («наречия места»), уточняющие пространственные отношения, виды транспорта, направления движения.

Грамматическая сторона речи: Предложения наличия и обладания с глаголом 有 yǒu. Глаголы (глаголы-предлоги) в позиции предлога в китайском языке. Послелого («наречия места»), уточняющие пространственные отношения (前边qiánbiān, 后边hòubiān, 上边shàngbiān и др.), в функции подлежащего, дополнения, определения. Предложения со значением местонахождения (глагол 在zài, глагол 有yǒu, связка 是shì). Односложный дополнительный элемент направления (модификатор, (полу)суффикс глагола движения) 来lái / 去qù. Удвоение прилагательных, двусложные прилагательные в позиции определения.

Письмо: овладение графемами и иероглифами в соответствии с осваиваемым лексико-грамматическим материалом, написание сообщений или письменных высказываний в соответствии с коммуникативной задачей.

4. Тема 5. Настоящее, прошедшее, будущее время. Точное время. Натуральные числа. Двухзначные, многозначные числа в китайском языке. Разряды и классы чисел.

Настоящее, прошедшее, будущее время. Временные промежутки. Указание точного времени по часам. Натуральные числа. Двухзначные, многозначные числа в китайском языке. Десятки, сотни, тысячи, десятки тысяч (вань). Разряды и классы чисел. Перевод числительных. Дробные числа.

Коммуникативные задачи: воспринимать на слух и воспроизводить слова, словосочетания, фразы, относящиеся к сфере числительных, соблюдая произносительную норму китайского языка; понимать основное содержание различных аутентичных прагматических и публицистических аудио- и видеотекстов соответствующей тематики; извлекать необходимую/запрашиваемую информацию из различных аудио- и видеотекстов соответствующей тематики; читать слова, словосочетания, фразы и небольшие тексты как записанные пиньинь, так и записанные иероглифами, соблюдая произносительную норму китайского языка; читать аутентичные тексты различных стилей с использованием различных стратегий/видов чтения в соответствии с коммуникативной задачей; составлять фразы и небольшие тексты, включающие числительные, соблюдая лексико-грамматические нормы китайского языка; участвовать в диалоге-расспросе и диалоге-

побуждении к действию, вести диалог-обмен мнениями, вести комбинированный диалог, включающий элементы разных типов диалогов; рассказывать, рассуждать в рамках изученной тематики и проблематики, в том числе приводя примеры, аргументы; описывать события, излагать факты/прочитанное/прослушанное/увиденное; сообщение о прошлом опыте как в повседневной жизни, так и в профессиональной, рассказ о планах на будущее.

Произносительная сторона речи: соблюдение основных требований к произношению звуков китайского языка и различение на слух всех звуков китайского языка; соблюдение правил системы тонов китайского языка; основные типы интонации китайских предложений, мелодика и ритм китайских предложений разных типов, фразовое ударение.

Лексическая сторона речи: Использование числительных в речи, правила и способы выражения многозначных чисел, числительные от 1 до 100 000 000. Числительные количественные и порядковые, дни недели, даты, точное время.

Грамматическая сторона речи: Выражение значения действия, имевшего место в неопределенное время в прошлом (суффикс 过 guo). Отрицательная форма глаголов с суффиксом 过 guo. Показатель состоявшегося действия суффикс 了 le; модальная частица 了 le. Отрицание в предложениях с суффиксом 了 le и модальной частицей 了 le. Употребление модальных глаголов 想 xiǎng, 要 yào, 会 huì, 能 néng, 可以 kěyǐ и др. и их значения. Отрицательная форма модальных глаголов. Выражение значения продолженного действия / вида. Употребление наречий 正 zhèng, 在 zài, комбинации 正在 zhèngzài и модальной частицы 呢 ne для передачи значения продолженного действия. Выделительная конструкция 是...的 shì ...de.

5. Тема 6. Финансы. Проценты, арифметические действия. Целые и дробные числа

Деньги, денежные единицы, целые и дробные числа, проценты, простые арифметические действия, решение примеров и задач.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах, передача числовой информации, вопросы и ответы цене товара, о скидках, умение проговаривать на китайском языке арифметические примеры, понимание и решение арифметических задач.

Произносительная сторона речи: соблюдение основных требований к произношению звуков китайского языка и различение на слух всех звуков китайского языка; соблюдение правил системы тонов китайского языка; основные типы интонации китайских предложений, мелодика и ритм китайских предложений разных типов, фразовое ударение.

Лексическая сторона речи: Названия основных арифметических знаков, названия арифметических действий, лексика, касающаяся дробных чисел и процентов. Вопросительные слова к числительным.

Грамматическая сторона речи: правила использования числительных, счетных слов (классификаторов), выражение процентов и дробей при помощи 之.

6. Тема 7. Поиск в Интернете. Интернет сайты. Онлайн покупки

Онлайн-торговля. Покупки товаров онлайн. Поиск в Интернете, доставка из интернет-магазинов, поисковая строка, выдача, регистрация на сайте, выбор товара, одежда, обувь, цвет, размер..

Коммуникативные задачи: Умение вести онлайн-переписку с продавцом о выборе цвета одежды, о предпочтениях, общей стоимости, скидках; оставлять отзыв о купленном товаре, преимуществах и недостатках. Покупка одежды/обуви. Актуализация полученных знаний, навыков и умений в речевой деятельности.

Грамматическая сторона речи: правила использования числительных — количественных и порядковых, многозначных чисел, использование счетных слов (классификаторов), проценты, дроби, вопросительные слова 几, 多少. Альтернативный вопрос с союзом 还是. Выражение «слегка» 有点儿... / ...一点儿.

7. Тема 8. Зарубежные поездки.

Приглашение на конференцию, обсуждение темы доклада, оформление визы, бронирование отелей и билетов онлайн, разговор по телефону, посещение достопримечательностей.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: рассуждать на тему предстоящей командировки; обсуждать виды путешествий, транспорт, посещение достопримечательностей; описывать географическое положение городов и стран; описывать процедуру бронирования гостиниц, хостелов, описывать способы путешествий разными транспортными средствами, передвижение по городу, используя метро, такси, автобусы. Особенности путешествия по Китаю на поезде, категории билетов — купе, мягкий сидячий, жесткий сидячий, билет без места. Научиться различать на слух и знать, как купить нужную категорию билета, поменять билет, сдать билет.

Грамматические задачи: выражения скорого свершения события 快要... 了, 就要... 了.

Глаголы 打算, 安排, существительное 计划. Связки 先... 再 / 后 / 然后, выражения смены действий ... 了, 就... Наречия 再, 又. Результативные морфемы 好, 错, 到, 完.

8. Тема 1. Вводно-фонетический и вводно-иероглифический курс. Общие сведения о грамматике китайского языка.

Ознакомление с основами произносительной базы китайского языка (путунхуа) и основными правилами каллиграфии и иероглифики, а также актуализация полученных знаний в речевой деятельности.

Коммуникативные задачи: воспринимать на слух и воспроизводить слова, словосочетания, фразы соблюдая произносительную норму китайского языка; читать слова, словосочетания и фразы как записанные пиньинь, так и записанные иероглифами, соблюдая произносительную норму китайского языка; составлять фразы, соблюдая лексико-грамматические нормы китайского языка; употреблять фразы вежливости; участвовать в диалоге-расспросе и диалоге-побуждении к действию.

Произносительная сторона речи: звуко-буквенный стандарт записи слов китайского языка - пиньинь, соблюдение основных требований к произношению звуков китайского языка и различение на слух всех звуков китайского языка; соблюдение правил системы тонов китайского языка; основные типы интонации китайских предложений.

Грамматическая сторона речи: основные коммуникативные типы предложений (повествовательные (утвердительные/отрицательные), вопросительные (общий и специальный вопрос), побудительные, восклицательные) и их структуры (порядок слов, топик и комментарий (подлежащее и сказуемое, инвертированное дополнение и т.п.)). Предложение с качественным сказуемым (с качественным прилагательным в позиции комментария). Отрицательная форма предложения с качественным сказуемым (с качественным прилагательным в позиции комментария).

9. Тема 2. Информационные носители.

Флешки, диски, карты памяти, дискеты.

Коммуникативные задачи: воспринимать на слух и воспроизводить слова, словосочетания, фразы, соблюдая произносительную норму китайского языка; понимать основное содержание различных аутентичных прагматических и публицистических аудио- и видеотекстов соответствующей тематики; извлекать необходимую/запрашиваемую информацию из различных аудио- и видеотекстов соответствующей тематики; читать слова, словосочетания, фразы и небольшие тексты как записанные пиньинь, так и записанные иероглифами, соблюдая произносительную норму китайского языка; читать аутентичные тексты различных стилей с использованием различных стратегий/видов чтения в соответствии с коммуникативной задачей; составлять фразы и небольшие тексты, соблюдая лексико-грамматические нормы китайского языка.

Произносительная сторона речи: соблюдение основных требований к произношению звуков китайского языка и различение на слух всех звуков китайского языка; соблюдение

правил системы тонов китайского языка; основные типы интонации китайских предложений, мелодика и ритм китайских предложений разных типов, фразовое ударение.

Грамматическая сторона речи: основные коммуникативные типы предложений (повествовательные (утвердительные/отрицательные), вопросительные (общий и специальный вопрос), побудительные, восклицательные) и схемы их построения. Предложения наличия и обладания с глаголом 有/有. Отрицательные предложения с частицами 没, 不.

Письмо: овладение графемами и иероглифами в соответствии с осваиваемым лексико-грамматическим материалом, написание сообщений или письменных высказываний в соответствии с коммуникативной задачей.

10. Модуль 2. Китайский язык для специальных целей. Продолжающий уровень

11. Тема 1. Посещение библиотеки, электронные библиотеки, поиск материалов по нужной теме

Посещение библиотеки, устройство библиотеки, диалог с библиотекарем, читательский билет, правила посещения библиотеки и читального зала. Электронные библиотеки, поиск материалов по нужной теме.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах — вопрос о наличии нужной книги, просьба о помощи в поиске книги по теме, диалог с библиотекарем, как взять и сдать книгу, умение указать сроки сдачи.

Грамматические задачи: наречия 就/才, результативные морфемы 到, 完, 好. Модификаторы направления 来/去.

12. Тема 2. Китайская и западная медицина

Разговор о проблеме здоровья и заботы о нем, самочувствия (части тела), медицинских услуг. Строение организма, лечение, лекарства, китайская и западная медицина.

Коммуникативные задачи:

Осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: разговор с врачом, описание жалоб на здоровье, состояние организма, прохождение медосмотра, получение лечения, покупка выписанных лекарств, прием лекарств по графику. Особенности лечения в китайской и европейской медицине.

Грамматические задачи: дополнение длительности, дополнение кратности, 有点儿。

13. Тема 3. Бытовая техника

Обсуждение пищевых предпочтений и их пользы/вреда для организма. Пищевая и энергетическая ценность продуктов питания, способы приготовления блюд, названия бытовых приборов.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: обсуждение вкусовых предпочтений собеседника — мясоедение, вегетарианство, витамины, КБЖУ. Обсуждение рецептов приготовления любимых блюд. Кухонная бытовая техника — микроволновка, рисоварка, плита, духовой шкаф, холодильник и т.д.

Грамматические задачи: сравнительные конструкции с предлогами 比, 有/没有, 跟.... 一样

14. Тема 4. Геометрические фигуры, формулы, графики

Объяснение и проговаривание простейших арифметических действий, описание формул, графиков, названия геометрических фигур, теоремы и доказательства.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: навыки проговаривания и решения задач по математике, умение словесно выразить написанные формулы, графики, математические обозначения, задачи, примеры, теоремы и т.д.

15. Тема 5. Физика, основные понятия и законы

Основные законы физики, постоянные, переменные, формулы, задачи. Ученые и теории.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: навыки проговаривания и решения задач по физике, умение словесно выразить написанные формулы, графики, обозначения, объяснить явления с помощью законов физики.

16. Тема 6. Космос. Космическая программа Шэньчжоу. Ракета-носитель Чанчжэн. Лунная программа «Чан Э»

Космос, звезды, планеты. Космическая программа Китая. Космические ракеты и модули. Лунная программа «Чан Э». Чан Э как мифологический персонаж.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: дискутировать о достижениях человечества в области освоения космоса. Первый человек в космосе и в открытом космосе. Первый человек на Луне. Китай в космосе. Китай на Луне. Ракеты и спутники. Развитие коммерческого запуска спутников.

17. Модуль 3. Китайский язык для специальных целей. Чтение научно-технического текста

18. Тема 1. Наука: вчера, сегодня, завтра

История развития естественных наук и научные открытия. Новые направления в науке.

Естественные и гуманитарные науки в современном мире. Знаменитые ученые. Наши современники, лауреаты нобелевской премии и их открытия. Путь от бакалавра до нобелевского лауреата. Открытия и изобретения конца нового времени. Научные сенсации и технический прогресс. Процесс технологизации науки.

Лексические задачи: наработка лексики, касающейся истории науки, развитие навыков чтения текстов о науке, о истории науки, современном состоянии науки и ее развитии, о роли науки в жизни общества, о научных открытиях, новых направлениях в науке; о влиянии научных открытий на мировоззрение человека.

19. Тема 2. Китайская наука и европейская наука

Научные открытия китайских и европейских ученых. Китайские и европейские изобретения. Современная китайская наука. Взаимосвязь науки и техники и их взаимосвязь. Техника как прикладная наука. Корреляция научного и технического мышления в Европе и в Китае.

Лексические задачи: наработка лексики, касающейся китайской науки, развитие навыков чтения текстов о китайской науке, китайских изобретениях, современном состоянии китайской науки и ее развитии, о роли китайской науки в мире. Лаборатории, научные центры на территории Китая; проект постройки самого мощного адронного коллайдера в Китае.

20. Тема 3. Пандемия и вакцинация, создание вакцины, история вакцинации

Болезни, эпидемии, пандемии. Эпидемии в истории человечества. Эпидемии XX-XXI вв. Пандемия SarsCov-2, ее влияние на мировую экономику, медицину и науку. Вакцинация, история вакцинации, вакцины от коронавируса.

Лексические задачи: наработка лексики и выработка навыков чтения текстов, касающихся болезней, эпидемий, пандемий; истории вакцинации, технологии создания вакцин в XX и в XXI вв.

21. Тема 4. Проблемы экологии, глобальные последствия, способы решения

Экологические проблемы России, Китая, глобальные экологические проблемы. Последствия и прогнозы. Способы борьбы с мусором, пластиком, CO₂, глобальным потеплением.

Лексические задачи: наработка лексики и выработка навыков чтения текстов, касающихся экологии, загрязненности воздуха, воды, почвы, глобального потепления, зеленой энергии, борьбы с пластиком и т.д.

22. Тема 5. Цифровые технологии, информационная безопасность, искусственный интеллект

История развития цифровых технологий в Европе и в Китае. Интернет в Китае. Политика информационной безопасности в Китае. Искусственный интеллект на службе у государства.

Лексические задачи: наработка лексики и выработка навыков чтения текстов, касающихся цифровых технологий, интернет-технологий, ИИ, политики кибер-безопасности.

23. Тема 6. Научная коммуникация, научные центры, лаборатории, научные конференции.

Средства популяризации науки. Научная коммуникация. Авторское право и интеллектуальная собственность. СМИ, научная журналистика. Популяризация науки в Интернете. Цифровые и интернет-технологии на службе у научных сообществ. Научные конференции онлайн и офлайн, симпозиумы, конгрессы. Открытые лекции и выступления ученых.

Лексические задачи: наработка лексики и выработка навыков чтения текстов, касающихся - жизни научных сообществ — конгрессы, конференции, симпозиумы, семинары, лекции, публикации; - средств популяризации науки; авторского права на научные исследования и произведения; научной журналистики и ее роли в популяризации науки; популяризации науки в Интернете, СМИ

24. Тема 7. Изобретения и научные открытия, которые изменили мир

10 величайших открытий в разных областях науки. Случайные открытия и их роль в науке, экономные инновации. Научное творчество. Креативное мышление. Изобретательство как процесс решения инженерных задач.

Лексические задачи: наработка лексики и выработка навыков чтения текстов, касающихся открытий и изобретений, случайных открытий, инсайтов, креативного мышления и творчества в науке, технике и учебном процессе.

25. Тема 8. Исследование: цель, проблема, объект и предмет

Виды исследований: фундаментальное исследование, прикладное исследование, монодисциплинарное исследование, междисциплинарное исследование. Этапы научного исследования и их краткое содержание. Выбор темы исследования. Определение объекта и предмета исследования. Определение цели и задач. Разработка гипотезы. Составление плана исследования. Работа с литературой.

Лексические задачи: наработка лексики и выработка навыков чтения текстов, касающихся этапов научного исследования, выбора темы исследования, его объекта и предмета, цели и задач; выдвижения гипотезы исследования; составления плана исследования, формирования библиографического списка по исследуемой проблеме.

26. Модуль 4. Китайский язык для специальных целей. Написание научно-технического текста

27. Тема 1. Подбор и анализ научно-технических текстов

Выбор темы исследования, ключевые слова, поиск и подбор научно-исследовательских материалов по выбранной теме.

Лексические задачи: наработка лексики по выбранной теме, отбор ключевых слов, поиск исследований по ключевым словам, умение определить методом ознакомительного чтения соответствие найденных статей выбранной теме.

28. Тема 2. Гипотеза и эксперимент, принципы аргументации

Выдвижение гипотезы своего исследования, дизайн эксперимента, аргументация.

Лексические задачи: умение пользоваться наработанными лексико-грамматическими навыками для выдвижения гипотезы своего исследования, использование наработанной лексики для описания дизайна эксперимента, умение составлять краткое описание целей и ожидаемых результатов эксперимента, умение вести научную аргументацию для подтверждения/опровержения гипотезы.

29. Тема 3. Принципы написания аннотации и введения к работе на китайском языке

Описание актуальности темы, объекта, предмета исследования, цели и задач исследования, гипотезы исследования, методов исследования, научной новизны.^[1]

Лексические задачи: умение пользоваться наработанными лексико-грамматическими навыками для составления введения научной статьи, а также составления аннотации к статье.

30. Тема 4. Составление презентации и выступления для «научной конференции» по выбранной теме

Написание речи выступления для научной конференции, семинара, защиты диплома, проекта и проч. Составление презентации.

Лексические задачи: умение пользоваться наработанными лексико-грамматическими навыками для составления написания тезисов, плана доклада, речи выступления для научной конференции, защиты диплома, умение выделять опорные пункты доклада, расставлять интонационные акценты и паузы, составление презентации,

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Китайский язык

Цель дисциплины:

Целью изучения дисциплины «Китайский язык» является формирование и развитие межкультурной профессионально-ориентированной коммуникативной компетенции студентов на элементарном уровне для решения коммуникативных задач в профессионально-деловой, социокультурной и академической сферах деятельности, а также для развития профессиональных и личностных качеств выпускников бакалавриата.

Задачи дисциплины:

Достижение элементарного уровня межкультурной профессионально-ориентированной коммуникативной компетенции в ходе изучения дисциплины «Китайский язык» требует решения ряда задач, которые состоят в последовательном овладении студентами совокупностью субкомпетенций, основными из которых являются:

- лингвистическая компетенция: способность понимать речь других людей и выражать собственные мысли на китайском языке;
- социокультурная компетенция: способность учитывать в общении речевое и неречевое поведение, принятое в КНР;
- социальная компетенция: способность взаимодействовать с партнерами по общению, владение соответствующими стратегиями;
- дискурсивная компетенция: знание правил построения устных и письменных сообщений-дискурсов, умение строить такие сообщения и понимать их смысл в речи других людей;
- стратегическая компетенция: умение пользоваться наиболее эффективными стратегиями при решении коммуникативных задач;
- предметная компетенция: знание предметной информации при организации собственного высказывания или понимания высказывания других людей;
- компенсаторная компетенция: умение преодолевать коммуникативный барьер за счет использования известных речевых и метаязыковых средств;
- прагматическая компетенция: умение выбирать наиболее эффективный и целесообразный способ выражения мысли в зависимости от условий коммуникативного акта и поставленной задачи.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные факты, реалии, имена, достопримечательности, традиции КНР;
- события из области истории, культуры, политики, социальной жизни КНР;
- основные фонетические, лексико-грамматические, стилистические особенности китайского языка и его отличие от родного языка;
- основные особенности письменной и устной форм коммуникации.

уметь:

- порождать адекватные в условиях конкретной ситуации общения устные и письменные тексты;
- реализовать коммуникативное намерение с целью воздействия на партнера по общению;
- адекватно понимать и интерпретировать смысл и намерение автора при восприятии устных и письменных аутентичных текстов;
- выявлять сходство и различия в системах родного, первого иностранного (второго иностранного) и китайского языков;
- проявлять толерантность, эмпатию, открытость и дружелюбие при общении с представителями другой культуры.

владеть:

- межкультурной профессионально-ориентированной коммуникативной компетенцией в разных видах речевой деятельности на элементарном уровне;
- социокультурной компетенцией для успешного взаимопонимания в условиях общения с представителями другой культуры;
- различными коммуникативными стратегиями;
- учебными стратегиями для организации своей учебной деятельности;
- стратегиями рефлексии и самооценки в целях самосовершенствования личных качеств и достижений;
- разными приемами запоминания и структурирования усваиваемого материала;
- Интернет-технологиями для выбора оптимального режима получения информации;
- презентационными технологиями для сообщения информации.

Темы и разделы курса:

1. Вводно-фонетический и вводно-иероглифический курс. Знакомство с китайскими коллегами.

Ознакомление с основами произносительной базы китайского языка (путунхуа) и основными правилами каллиграфии и иероглифики. Актуализация полученных знаний в речевой деятельности.

Коммуникативные задачи: воспринимать на слух и воспроизводить слова, словосочетания, фразы соблюдая произносительную норму китайского языка. Читать слова, словосочетания и фразы как записанные пиньинь, так и записанные иероглифами, соблюдая произносительную норму китайского языка. Составлять фразы, в т.ч. повседневного обихода, соблюдая лексико-грамматические нормы китайского языка. Употреблять фразы вежливости. Участвовать в диалоге-расспросе и диалоге-побуждении к действию. Принимать участие в ролевой игре «Знакомство с китайскими коллегами».

Произношение: звуко-буквенный стандарт записи слов китайского языка - пиньинь, соблюдение основных требований к произношению звуков китайского языка и различение на слух всех звуков китайского языка. Соблюдение правил системы тонов китайского языка, основные типы интонации китайских предложений.

Лексика: фразы приветствия и прощания, устойчивые выражения, фразы вежливости. Названия стран мира, городов КНР и мира. Числительные от 1 до 100 000 000, основные счетные слова. Популярные китайские фамилии, члены семьи. Названия университетов, некоторых мировых и китайских фирм.

Грамматика: основные коммуникативные типы предложений - повествовательные (утвердительные/отрицательные), вопросительные (общий и специальный вопрос), побудительные, восклицательные и их структуры (порядок слов, топик и комментарий (подлежащее и сказуемое, инвертированное дополнение и т.п.). Предложение с качественным сказуемым, качественным прилагательным в позиции комментария). Отрицательная форма предложения с качественным сказуемым, качественным прилагательным в позиции комментария. Предложения с глаголом-связкой 是 shì, положение отрицания 不 bù в предложении с глаголом-связкой 是 shì, вопросительные предложения с частицами 吗 ma, 吧 ba, 呢 ne. Определение со значением притяжательности. Частица 的 de. Порядок следования определений в китайском предложении. Личные местоимения в китайском языке, их функции и употребление. Указательные и вопросительные местоимения в китайском языке. Вопросительные предложения с вопросительными местоимениями. Порядок слов в вопросительном предложении с вопросительным местоимением. Предложение с глагольным сказуемым (глаголом действия в позиции комментария). Наречия 也 yě и 都 dōu, их место в предложении относительно сказуемого. Сочетание наречия 都 dōu с отрицанием 不 bù.

Письмо: основные правила каллиграфии. Основы иероглифики, овладение графемами и иероглифами в соответствии с осваиваемым лексико-грамматическим материалом. Написание небольших письменных высказываний в соответствии с коммуникативной задачей.

2. Повседневная жизнь на работе и дома, общение с коллегами

Обсуждение своих предпочтений (цвет, одежда, еда и напитки, хобби, виды спорта, праздники). Сообщение местоположения. Разговор о дате и времени. Описание внешности человека. Актуализация полученных знаний, навыков и умений в речевой деятельности.

Коммуникативные задачи: воспринимать на слух и воспроизводить слова, словосочетания, фразы, соблюдая произносительную норму китайского языка. Понимать основное содержание различных аутентичных прагматических и публицистических аудио- и видеотекстов соответствующей тематики. Извлекать необходимую/запрашиваемую информацию из различных аудио- и видеотекстов соответствующей тематики. Читать слова, словосочетания, фразы и небольшие тексты как записанные пиньинь, так и записанные иероглифами, соблюдая произносительную норму китайского языка. Читать аутентичные тексты различных стилей с использованием различных стратегий/видов чтения в соответствии с коммуникативной задачей. Составлять фразы и небольшие тексты, соблюдая лексико-грамматические нормы китайского языка. Употреблять фразы вежливости. Участвовать в диалоге-расспросе и диалоге-побуждении к действию, вести диалог-обмен мнениями, вести комбинированный диалог, включающий элементы разных типов диалогов. Рассказывать, рассуждать в рамках изученной тематики и проблематики, в том числе приводя примеры, аргументы. Описывать события, излагать факты, прочитанное/прослушанное/увиденное. Сообщение местоположения и направления движения, о том, как проехать/пройти и на каких видах транспорта. Рассказ о предпочтениях в цвете, одежде, еде и напитках, хобби, любимых видах спорта. Описывать характер и внешность человека. Рассказывать о любимых праздниках. Принять участие в играх «Угадай кто?». Принять участие в ролевой игре «На корпоративном мероприятии».

Произношение: соблюдение основных требований к произношению звуков китайского языка и различение на слух всех звуков китайского языка. Соблюдение правил системы тонов китайского языка. Основные типы интонации китайских предложений, мелодика и ритм китайских предложений разных типов, фразовое ударение.

Лексика: устойчивые выражения, фразы вежливости. Дата, время, время дня, дни недели в китайском языке. Послелогии («наречия места»), уточняющие пространственные отношения. Виды транспорта. Цвета, одежда, еда и напитки. Праздники в КНР и РФ.

Грамматика: основные коммуникативные типы предложений - повествовательные (утвердительные/отрицательные), вопросительные (общий и специальный вопрос), побудительные, восклицательные и схемы их построения. Предложения наличия и обладания с глаголом 有 ую. Несколько глаголов в составе сказуемого. Предложения с глагольным сказуемым, принимающим после себя два дополнения (двойное дополнение). Глаголы (глаголы-предлоги) в позиции предлога в китайском языке. Предложные конструкции. Обстоятельство времени, способы обозначения точного времени и даты. Порядок следования обстоятельств времени в предложении. Удвоение глагола. Послелогии

(«наречия места»), уточняющие пространственные отношения (前边 qiánbiān, 后边 hòubiān, 上边 shàngbiān и др.), в функции подлежащего, дополнения, определения. Предложения со значением местонахождения (глагол 在 zài, глагол 有 yǒu, связка 是 shì). Односложный дополнительный элемент направления (модификатор, (полу-) суффикс глагола движения) 来 lái / 去 qù. Удвоение прилагательных, двусложные прилагательные в позиции определения.

Письмо: овладение графемами и иероглифами в соответствии с осваиваемым лексико-грамматическим материалом. Написание сообщений или письменных высказываний в соответствии с коммуникативной задачей.

3. Прошлый личный и профессиональный опыт. Здоровье и забота о нем. Экскурсия по университету, офису фирмы.

Обсуждение прошлого личного и профессионального опыта, быта, домашних животных. Разговор о проблеме здоровья и заботы о нем, самочувствия (части тела), медицинских услуг. Знакомство с типичным китайским университетом, экскурсия по кампусу университета, офису фирмы. Актуализация полученных знаний, навыков и умений в речевой деятельности.

Коммуникативные задачи: воспринимать на слух и воспроизводить слова, словосочетания, фразы, соблюдая произносительную норму китайского языка. Понимать основное содержание различных аутентичных прагматических и публицистических аудио- и видеотекстов соответствующей тематики. Извлекать необходимую/запрашиваемую информацию из различных аудио- и видеотекстов соответствующей тематики. Читать слова, словосочетания, фразы и небольшие тексты как записанные пиньинь, так и записанные иероглифами, соблюдая произносительную норму китайского языка. Читать аутентичные тексты различных стилей с использованием различных стратегий/видов чтения в соответствии с коммуникативной задачей. Составлять фразы и небольшие тексты, соблюдая лексико-грамматические нормы китайского языка. Употреблять фразы вежливости. Участвовать в диалоге-расспросе и диалоге-побуждении к действию, вести диалог-обмен мнениями, вести комбинированный диалог, включающий элементы разных типов диалогов. Рассказывать, рассуждать в рамках изученной тематики и проблематики, в том числе приводя примеры, аргументы. Описывать события, излагать факты, прочитанное, прослушанное, увиденное. Сообщения о прошлом опыте как в повседневной жизни, так и в профессиональной. Рассказывать о любимых домашних животных. Рассказывать о проблемах со здоровьем, о частях тела. Описывать кампус университета, офис фирмы. Принять участие в ролевой игре «Экскурсия по кампусу университета, офису фирмы».

Произношение: соблюдение основных требований к произношению звуков китайского языка и различение на слух всех звуков китайского языка. Соблюдение правил системы

тонов китайского языка. Основные типы интонации китайских предложений, мелодика и ритм китайских предложений разных типов, фразовое ударение.

Лексика: устойчивые выражения, фразы вежливости. Домашние животные. Здоровье, самочувствие, части тела, лекарства, медицинские услуги. Структура кампуса университета; учреждения, входящие в состав кампуса.

Грамматика: основные коммуникативные типы предложений - повествовательные (утвердительные/отрицательные), вопросительные (общий и специальный вопрос), побудительные, восклицательные и схемы их построения. Выражение значения действия, имевшего место в неопределенное время в прошлом (суффикс 过 guo). Отрицательная форма глаголов с суффиксом 过 guo. Показатель состоявшегося действия суффикс 了 le, модальная частица 了 le. Отрицание в предложениях с суффиксом 了 le и модальной частицей 了 le. Употребление модальных глаголов 想 xiǎng, 要 yào, 会 huì, 能 néng, 可以 kěyǐ и др. и их значения. Отрицательная форма модальных глаголов. Выражение значения продолженного действия/вида. Употребление наречий 正 zhèng, 在 zài, комбинации 正在 zhèngzài и модальной частицы 呢 ne для передачи значения продолженного действия. Выделительная конструкция 是...的 shì ...de.

Письмо: овладение графемами и иероглифами в соответствии с осваиваемым лексико-грамматическим материалом. Написание сообщений или письменных высказываний в соответствии с коммуникативной задачей.

4. Погода и географическое положение РФ, КНР

Обсуждение погоды и географического положения России и Китая. Разговор о подготовке ко дню рождения. Актуализация полученных знаний, навыков и умений в речевой деятельности.

Коммуникативные задачи: воспринимать на слух и воспроизводить слова, словосочетания, фразы, соблюдая произносительную норму китайского языка. Понимать основное содержание различных аутентичных прагматических и публицистических аудио- и видеотекстов соответствующей тематики. Извлекать необходимую/запрашиваемую информацию из различных аудио- и видеотекстов соответствующей тематики. Читать слова, словосочетания, фразы и небольшие тексты как записанные пиньинь, так и записанные иероглифами, соблюдая произносительную норму китайского языка. Читать аутентичные тексты различных стилей с использованием различных стратегий/видов чтения в соответствии с коммуникативной задачей. Составлять фразы и небольшие тексты, соблюдая лексико-грамматические нормы китайского языка. Употреблять фразы вежливости. Участвовать в диалоге-расспросе, диалоге-побуждении к действию, вести диалог-обмен мнениями, вести комбинированный диалог, включающий элементы разных типов диалогов. Рассказывать, рассуждать в рамках изученной тематики и проблематики, в том числе приводя примеры, аргументы. Описывать события, излагать факты, прочитанное, прослушанное, увиденное. Рассказывать о том, в каком году по восточному календарю

родился. Характеризовать совершаемые действия или состояния. Сравнить погодные явления, людей и т.д. Рассказывать о географическом положении стран, городов, районов. Принять участие в ролевой игре «Прием по случаю дня рождения».

Произношение: соблюдение основных требований к произношению звуков китайского языка и различение на слух всех звуков китайского языка. Соблюдение правил системы тонов китайского языка. Основные типы интонации китайских предложений, мелодика и ритм китайских предложений разных типов, фразовое ударение.

Лексика: устойчивые выражения, фразы вежливости. Восточный календарь. Название некоторых должностей, характеристика действий/явлений, выражения сравнения. Погода, природные явления. Географическое положение, названия некоторых географических объектов.

Грамматика: основные коммуникативные типы предложений - повествовательные (утвердительные/отрицательные), вопросительные (общий и специальный вопрос), побудительные, восклицательные и схемы их построения. Дополнительный элемент оценки (обстоятельство результата). Частица 得 de (-de постпозитивное). Сравнительные конструкции (с предлогом 比 bǐ, 没有 méi yǒu). Выражения подобия (конструкция 跟...— 羊 gēn ... yúàng). Дополнительный элемент количества в сравнительных конструкциях (обстоятельство меры – прим. 比她大两岁). Распознавать и употреблять в речи наречия степени 真 zhēn, 太 tài, 非常 fēicháng, 更 gèng. Безличные предложения, описывающие природные явления. Последовательно-связанные безличные предложения. Распознавать и употреблять в речи наречия: 还 hái, 再 zài, 又 yòu, 就 jiù, 才 cái и др.

Письмо: овладение графемами и иероглифами в соответствии с осваиваемым лексико-грамматическим материалом. Написание сообщений или письменных высказываний в соответствии с коммуникативной задачей.

5. Изучение иностранных языков для профессиональных целей. Аренда жилья при переезде.

Обсуждение проблем в изучении иностранных языков, непредвиденных ситуаций, вопросов аренды квартиры. Актуализация полученных знаний, навыков и умений в речевой деятельности.

Коммуникативные задачи: воспринимать на слух и воспроизводить слова, словосочетания, фразы, соблюдая произносительную норму китайского языка. Понимать основное содержание различных аутентичных прагматических и публицистических аудио- и видеотекстов соответствующей тематики. Извлекать необходимую/запрашиваемую информацию из различных аудио- и видеотекстов соответствующей тематики. Читать слова, словосочетания, фразы и небольшие тексты как записанные пиньинь, так и записанные иероглифами, соблюдая произносительную норму китайского языка. Читать аутентичные тексты различных стилей с использованием различных стратегий/видов

чтения в соответствии с коммуникативной задачей. Составлять фразы и небольшие тексты, соблюдая лексико-грамматические нормы китайского языка. Употреблять фразы вежливости. Участвовать в диалоге-расспросе, диалоге-побуждении к действию, вести диалог-обмен мнениями, вести комбинированный диалог, включающий элементы разных типов диалогов. Рассказывать, рассуждать в рамках изученной тематики и проблематики, в том числе приводя примеры, аргументы. Описывать события, излагать факты, прочитанное/прослушанное/увиденное. Беседовать о длительности и кратности разного рода действий (как долго изучаешь иностранный язык, сколько раз бывал в КНР и т.п.). Рассказывать о проблемах, возникающих при изучении иностранных языков. Сравнить жилье разных типов. Рассказывать о непредвиденных ситуациях и возможностях преодоления такого рода проблем. Принять участие в ролевой игре «Аренда квартиры».

Произношение: соблюдение основных требований к произношению звуков китайского языка и различение на слух всех звуков китайского языка. Соблюдение правил системы тонов китайского языка; основные типы интонации китайских предложений, мелодика и ритм китайских предложений разных типов, фразовое ударение.

Лексика: устойчивые выражения, фразы вежливости. Изучение иностранного языка. Длительность и кратность совершаемых действий или состояний, непредвиденные происшествия (нет билетов, авария на дороге и т.п.). Аренда квартиры - типы жилья, арендная плата, название комнат, технических бытовых устройств и т.п.

Грамматика: основные коммуникативные типы предложений - повествовательные (утвердительные/отрицательные), вопросительные (общий и специальный вопрос), побудительные, восклицательные и схемы их построения. Дополнительный элемент длительности. Предложения с дополнительным элементом длительности и прямым дополнением. Структура отрицательных предложений с дополнительным элементом длительности. Дополнительный элемент кратности действия. Показатели кратности, глагольные счетные слова 次 cì, 遍 biàn. Выражение значения состояния на момент речи. Оформление глагола суффиксом 着 zhe. Отрицательная форма глагола с суффиксом 着 zhe. Результативные глаголы. Результативные морфемы, (полу-) суффиксы 好 hǎo, 完 wán, 到 dào, 住 zhù, 下 xià, 上 shàng, 懂 dǒng и др. Сложный дополнительный элемент направления, модификатор, (полу-) суффикс глагола движения, включающий 进 jìn, 出 chū и подобные - 走进来 zǒujìnlái, 开进去 kāijìnqù, 爬上来 páshànglái).

Письмо: овладение графемами и иероглифами в соответствии с осваиваемым лексико-грамматическим материалом. Написание сообщений или письменных высказываний в соответствии с коммуникативной задачей.

6. Досуг в КНР и РФ. Различные типичные ситуации на работе и в жизни.

Обсуждение разных способов проведения досуга в Китае (пекинская опера, гимнастика тайцзи, цигун и т.д.) и России. Разговор о различных типичных ситуациях на работе. Актуализация полученных знаний, навыков и умений в речевой деятельности.

Коммуникативные задачи: воспринимать на слух и воспроизводить слова, словосочетания, фразы, соблюдая произносительную норму китайского языка. Понимать основное содержание различных аутентичных прагматических и публицистических аудио- и видеотекстов соответствующей тематики. Извлекать необходимую/запрашиваемую информацию из различных аудио- и видеотекстов соответствующей тематики. Читать слова, словосочетания, фразы и небольшие тексты как записанные пиньинь, так и записанные иероглифами, соблюдая произносительную норму китайского языка. Читать аутентичные тексты различных стилей с использованием различных стратегий/видов чтения в соответствии с коммуникативной задачей. Составлять фразы и небольшие тексты, соблюдая лексико-грамматические нормы китайского языка. Употреблять фразы вежливости. Участвовать в диалоге-расспросе, диалоге-побуждении к действию, вести диалог-обмен мнениями, вести комбинированный диалог, включающий элементы разных типов диалогов. Рассказывать, рассуждать в рамках изученной тематики и проблематики, в том числе приводя примеры, аргументы; описывать события, излагать факты, прочитанное, прослушанное, увиденное. Беседовать о различных ситуациях, происходящих на работе. Рассказывать о различных видах проведения досуга в РФ и КНР. Рассказывать о своем любимом виде времяпрепровождения. Принять участие в ролевой игре «Неудачный день».

Произношение: соблюдение основных требований к произношению звуков китайского языка и различение на слух всех звуков китайского языка. Соблюдение правил системы тонов китайского языка. Основные типы интонации китайских предложений, мелодика и ритм китайских предложений разных типов, фразовое ударение.

Лексика: устойчивые выражения, фразы вежливости. Названия комнат, бытовых устройств, вопросы аренды жилья. Виды досуга, разные происшествия - ограбление, поломка технических устройств и т.п.

Грамматика: основные коммуникативные типы предложений - повествовательные (утвердительные/отрицательные), вопросительные (общий и специальный вопрос), побудительные, восклицательные и схемы их построения. Дополнительный элемент возможности (инфиксы 得 -de- и 不 -bu-). Различие между дополнительным элементом возможности с инфиксом 得 -de- и дополнительным элементом оценки (обстоятельством результата), следующего за глаголом со частицей 得 -de-. Предложения с предлогом 把 bǎ. Особые случаи употребления предлога 把 bǎ. Употребление после сказуемого дополнения места, сказуемое со значением «называть (считать)», «считать», «рассматривать». Предложения с пассивным значением (без формально-грамматических показателей) - 茶碗打破了 Cháwǎn dǎpòle, 七楼到了 qī lóu dàoile). Пассивные предложения с предлогом 被 bèi.

Письмо: овладение графемами и иероглифами в соответствии с осваиваемым лексико-грамматическим материалом. Написание сообщений или письменных высказываний в соответствии с коммуникативной задачей.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Классические интегрируемые системы

Цель дисциплины:

изучение методов исследования и решения нелинейных интегрируемых уравнений математической физики.

Задачи дисциплины:

знакомство, на нескольких конкретных примерах, с методами построения точных решений (многосолитонных, конечнозонных, автомодельных) нелинейных интегрируемых уравнений. Изучение алгебраических свойств, связанных с интегрируемостью, таких, как представления Лакса, высшие симметрии, законы сохранения, гамильтонова структура, преобразования Бэклунда, приложения этих понятий в задаче тестирования на интегрируемость.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

наиболее важные конкретные примеры интегрируемых уравнений; основные понятия теории интегрируемых систем, такие, как законы сохранения, высшие симметрии, представления нулевой кривизны, многосолитонные решения, преобразования Бэклунда, основы метода обратной задачи рассеяния.

уметь:

тестировать интегрируемость заданного уравнения; исследовать конкретные интегрируемые модели.

владеть:

- методами построения точных решений нелинейных уравнений;
- методами вычисления законов сохранения, высших и классических симметрий.

Темы и разделы курса:

1. Конечномерные динамические системы

Векторные поля, первые интегралы, гамильтоновость, интегрируемость по Лиувиллю.

2. Нелинейные волны и солитоны

Эволюционные уравнения в частных производных. Опрокидывание в уравнении Хопфа. Уравнение КдФ. Бегущие волны. Кноидальная волна. Автомодельные решения. Уравнения Пенлеве.

3. Линеаризуемые уравнения

Точечные преобразования, дифференциальные подстановки. Уравнение Бюргерса. Преобразование Коула-Хопфа. Уравнение Лиувилля.

4. Законы сохранения

Операторы дифференцирования. Вариационная производная. Интегрирование по частям. Преобразование Миуры. Разложение по параметру, метод производящих функций.

5. Представления Лакса

Линеаризация преобразования Миуры. Вспомогательная линейная задача для КдФ. Связь с квантовой механикой.

Представления нулевой кривизны, примеры. Нелинейное уравнение Шредингера, цепочка Вольтерра.

6. Многосолитонные решения

Потенциалы Баргманна. Построение солитонных решений методом обрыва рядов по спектральному параметру. Вронскианские формулы.

7. Метод обратной задачи рассеяния

Функции Йоста. Данные рассеяния, их эволюция. Интегральные уравнения.

8. Высшие потоки КдФ

Вывод иерархии КдФ. Уравнение для производящей функции. Оператор рекурсии. Коммутативность потоков. Зависимость решений от старших времен.

9. Лагранжева и гамильтонова структуры

Гамильтоновы операторы. Схема Ленарда-Магри. Бигамильтоновость. Оператор рекурсии как отношение гамильтоновых операторов.

10. Конечнозонные решения

Обобщенные потенциалы Баргманна. Уравнения Новикова и Дубровина. Двухфазное решение КдФ. Волчок Ковалевской. Отображение Абеля.

11. Преобразования Дарбу-Бэклунда

Одевающая цепочка. Принцип суперпозиции. Дискретные уравнения. Новая схема построения многосолитонных решений.

Конечнозонные решения как стационарные точки преобразования Бэклунда.

12. Общие конструкции интегрируемых систем

Различные типы представлений нулевой кривизны. Уравнения Лакса на алгебрах Ли. Вспомогательные линейные задачи для $2+1$ -мерных уравнений.

13. Тесты на интегрируемость

Проблема эквивалентности. Симметричный тест. Тест Пенлеве. Классификационные задачи.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Классические теории поля

Цель дисциплины:

Курс рассчитан на студентов теоретиков, специализирующихся в области физики высоких энергий и квантовой теории поля. В рамках курса предполагается изучить различные топологически стабильные решения классических уравнений движения в калибровочных теориях и их квантование. В рамках курса предполагается, что слушатели овладеют методом функционального интеграла, который позволяет универсально описывать квантовые эффекты. Курс доступен студентам 3-4 курса и от них требуется хорошее знание классической механики и классической теории поля.

Задачи дисциплины:

Обеспечить свободное владение студентами- теоретиками непертурбативными методами в классической теории поля.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Метод функционального интегрирования. Простейшие топологические решения в теории поля в разном числе измерений.

уметь:

Решать классические уравнения движения и находить пространства модулей. Исследовать стабильность решений и структуру спектра возмущений на фоне решения.

владеть:

Методами классической теории поля.

Темы и разделы курса:

1. Монополи в калибровочных теориях

Солитон в модели Джорджи-Глэшоу. Магнитный заряд солитона. Обобщения на модели с другими калибровочными группами. Предел малой массы скалярного поля. Дионные решения уравнений движения.

2. Струны в абелевой модели Хиггса

Топологическая классификация струнных решений. Струны в абелевой модели Хиггса. Неабелевы струны. Теории на мировой поверхности неабелевой струны.

3. Солитоны в сигма-моделях. Нетопологические солитоны

Инстантоны в двумерных моделях. Солитоны в трехмерных сигма моделях. Грассмановы сигма модели. Уравнения Богомольного для солитонов в сигма модели.

Солитон в модели с двумя полями. Нетопологические солитоны в теориях с плоскими направлениями.

4. Инстантоны и сфалероны в калибровочных теориях

Евклидовы калибровочные теории. Классические вакуумы и инстантоны в двумерной модели Хиггса.

5. Пространства модулей решений классических уравнений

Модули инстантонов в квантовой механике. Модули монополей в теории поля. Уравнения Нама. Модули инстантонов в 4-х мерной теории. Уравнения АДХМ. Метрики на пространстве модулей. Рассеяние солитонов, как геодезическое движение на пространстве модулей.

6. Фермионные нулевые моды на фоне классических решений

Дробление заряда. Фермионные моды в поле монополя. Пересечение уровней. Угловой момент в поле солитона. Нулевые моды в поле сверхпроводящей струны.

7. Несохранение фермионных чисел в неабелевых теориях

Пересечение уровней и евклидовы нулевые моды. Правила отбора. Электрослабое несохранение барионного числа при высокой температуре. Классический аналог аномального несохранения барионного заряда. Инстантонный распад скирмиона.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Колебания и волны

Цель дисциплины:

Цель курса состоит в изучении обучающимися основ физики колебаний и волн для применения ее в сфере наукоемких технологий при подготовке к дальнейшей практической самостоятельной работе в области физики, энергетики, физики живых систем, материаловедения, технологии наноматериалов.

Задачи дисциплины:

- ознакомление обучающихся с предметом, принципами, методами и моделями физики колебаний и волн;
- приобретение обучающимися теоретических знаний, практических умений и навыков в области исследований колебательных и волновых систем;
- оказание консультаций и помощи обучающимся в проведении их собственных теоретических и экспериментальных исследований.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные понятия, законы физики колебаний и волн;
- методы размерности и подобия, применяемые в физике колебаний и волн;
- основные особенности колебательного движения, его интегральный характер,
- резонансное поведение, связь с проблемой устойчивости;
- основы спектрального анализа;
- качественную теорию дифференциальных уравнений, и представление движения на фазовой плоскости;
- основы теории бифуркации и связь теории колебаний с задачами устойчивости;
- поведение автоколебательных и параметрических систем;
- основные закономерности систем с несколькими степенями свободы: нормальные моды, резонансы и антирезонансы;

- основные закономерности нелинейных колебаний, как свободных, так и при внешнем воздействии;
- принципы и закономерности синхронизации колебаний, затягивания частоты генерации и гистерезисные процессы;
- основные типы волн и их свойства: плоские, цилиндрические, сферические;
- физический смысл фазовой и групповой скоростей;
- закономерности распространения волн в различных средах, в том числе поверхностных волн;
- закономерности физических явлений, связанных с основными волновыми процессами: отражение, преломление, рассеяние, излучение.

уметь:

- делать выводы из сопоставлений результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки;
- моделировать физическую систему;
- делать качественные выводы и оценки на основе определяющих параметров физической системы;
- видеть физическую суть технических задач;
- пользоваться справочной литературой для поиска необходимых данных и понятий физики колебаний и волн;
- решать задачи в области как линейных, так и нелинейных колебаний;
- рассчитывать и анализировать поведение, как линейных, так и нелинейных колебательных систем.

владеть:

- навыками освоения больших объемов информации;
- культурой постановки и анализа физических задач;
- методами физики колебаний и волн.

Темы и разделы курса:

1. Свободные колебания систем с одной степенью свободы

Рассмотрение линейных и нелинейных консервативных систем ведется с единых позиций. Излагаются приближенные методы исследования нелинейных колебательных уравнений (метод Лндштадта – Пуанкаре и др.). Дается сравнение линейных и нелинейных консервативных колебательных систем.

2. Метод фазовой плоскости

Рассматриваются общие свойства динамических систем. Анализируются фазовые портреты как линейных, так и нелинейных колебательных систем. Вводится представление о бифуркации динамической системы. Рассмотрен пример бифуркации в колебательной системе.

3. Спектральный анализ

Вводятся спектральные представления, и анализируется область их применения. Рассматривается связь рядов и преобразований Фурье, а также принцип неопределенности и теорема Котельникова. Данные элементарные основы вейвлет анализа.

4. Изменение энергии колебательной системы

Рассматривается изменение энергии как пассивных, так и активных (при наличии внешнего источника энергии) колебательных систем. Для их анализа используется метод энергетического баланса и метод укороченных уравнений.

5. Колебательная система под внешним воздействием

Дано единое рассмотрение поведения линейных и нелинейных колебательных систем под действием гармонического возбуждения. Анализ нелинейных систем ведется на основе укороченных уравнений.

6. Колебание систем с несколькими степенями свободы

Рассмотрено поведение связанных как линейных, так и нелинейных колебательных систем. Установлены общие закономерности их поведения.

7. Параметрические колебания

Рассмотрены общие свойства параметрических колебаний (уравнение Хила и уравнение Матье и их свойства). Рассмотрена диаграмма Айнсва – Стретта и ее применение при анализе конкретных колебательных систем.

8. Основные закономерности волновых процессов.

Рассматриваются основные закономерности волновых процессов в линейных средах. Подчеркнута их общность в различных случаях (акустическая, электромагнитная, поверхностная и др.) На примере решения Римана рассматриваются особенности распространения нелинейных волн и их отличия от волн линейного приближения

9. Плоская волна: основные параметры и свойства.

Рассматриваются свойства плоских волн и связанной с ними задачи отражения и преломления. Вводится понятие волнового сопротивления, поляризации, фазовой и групповой скорости. Рассматривается задача Френеля, а также задача отражения под отрицательным углом.

10. Цилиндрическая волна и волноводное распространение

Рассматриваются особенности свойств цилиндрических волн и их рассмотрение в волноводе. Дана классификация волноводных мод, определены их критические частоты. Рассматривается связь волноводного распространения с модами резонатора.

11. Сферическая волна: задача излучения и рассеяния

Рассматриваются сферические волны и связанные с ними задачи излучения и рассеяния. Обсуждаются условия излучения, дипольное, квадрупольное и тормозное излучения. Задача рассеяния рассматривается в приближении Релей.

12. Нормальные волны в сплошной среде.

Вводится представление нормальных волн в среде. Формулируется дисперсионное уравнение для электромагнитных волн, распространяющихся в плазме в магнитном поле, и на их примере рассматриваются волны в среде.

13. Поверхностная волна

Рассматриваются поверхностные волны в различных условиях: волны на поверхности воды, электромагнитные волны у поверхности металла, поверхностная волна в условиях полного внутреннего отражения и т.д.

14. Уравнение Шредингера: частный случай волнового уравнения

В рамках еденного волнового подхода получено уравнение Шредингера и на его основе анализируются его решения в различных условиях.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Компьютерные технологии решения научных задач

Цель дисциплины:

Научить студентов использовать типовые компьютерные технологии решения научных задач, научить работать с комплексной задачей от этапа постановки до реализации на одном из языков программирования и представления результата, научить работать в группе с использованием системы контроля версий git.

Задачи дисциплины:

- Формирование навыков работы с комплексной задачей от этапа уточнения требований и определения строгой постановки до реализации на одном из языков программирования и представления результата;
- формирование навыка проектирования и разработки программного обеспечения с использованием системы контроля версий, в том числе в рабочей группе;
- формирование базовых знаний о распространённых компьютерных технологиях решения научных задач — вопросы машинной точности вычислений, библиотеки работы с геометрией, средства научной визуализации, API некоторых библиотек для расчётов с использованием сеток и частиц, средства разработки графического интерфейса, различные технологии распараллеливания расчётного кода.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Особенности написания расчётного кода с учётом машинной точности вычислений;
- одну из библиотек работы с геометрией и построения расчётных сеток;
- технологии научной визуализации с использованием VTK;
- одну из библиотек для расчётов с использованием сеток или частиц;
- базовые принципы разработки графического интерфейса;
- базовые принципы распараллеливания расчётного кода с использованием OpenMP, MPI, CUDA.

уметь:

- Отображать физическую задачу на компьютерные технологии её решения;
- определять допустимое приближение задачи с учётом имеющихся входных данных;
- выполнять проектирование и разработку программного обеспечения для поставленной задачи;
- использовать систему контроля версий git для совместной разработки;
- представлять выполненную работу в формате доклада.

владеть:

- Навыками использования git;
- навыками использования git средств визуализации;
- навыками написания кроссплатформенных оконных интерфейсов с использованием Qt.

Темы и разделы курса:

1. Средства совместной разработки с использованием git.

Централизованные и распределённые системы контроля версий. Общая организация системы контроля версий git. Понятие коммита (commit), ветки (branch), репозитория (repository). Варианты организации работы при совместной разработке проекта с использованием общего репозитория. Понятие форка (fork), клонирования (clone), слияния (merge), запроса на изменение (pull request). Консольный интерфейс git. Некоторые графические клиенты git.

2. Средства визуализации. Научная визуализация с использованием vtk/paraview.

Различные подходы к визуализации. Понятие об асинхронности расчёта и визуализации вычислительных экспериментов. Общая архитектура библиотеки VTK. Работа со структурированными и неструктурированными сетками из расчётных модулей на C++ и Python. Запись динамического процесса как последовательности кадров. Просмотр, анализ и постобработка расчётных данных в Paraview.

3. Средства визуализации. 2D и 3D графика средствами OpenGL.

Высокоуровневый обзор средств интерактивной машинной графики. Взаимодействие прикладного расчётного кода, процессора (CPU) и видеокарты (GPU). Общая логика организации OpenGL как типового инструмента визуализации. Примеры использования OpenGL в своей программе. Библиотеки GLUT, GLFW. Библиотека SFML.

4. Средства работы с геометрией. Геометрические модели - построение, импорт в свою программу.

Общие подходы к хранению данных о геометрии сложных моделей или гетерогенных сред. Геометрические примитивы для описания поверхностей и объёмов. Некоторые редакторы геометрических моделей. Формат STL как пример типового формата хранения данных геометрии. Сопоставление подходов к заданию и хранению геометрии с подходами при расчёте и визуализации.

5. Средства работы с геометрией. Расчётные сетки средствами gmsh, Ani3D, CGAL - построение, импорт в свою программу.

Необходимость построения расчётных сеток из входных геометрических данных. Типовые требования к расчётным сеткам со стороны вычислительных модулей. Библиотеки gmsh, Ani3D, CGAL - общая архитектура, использование из своей программы на C++ или Python.

6. Техники моделирования физических задач. Некоторые библиотеки и API для сеточных методов.

Общий подход к моделированию физических задач, в которых объектом выступает сплошная среда. Философия сеточных методов. Некоторые библиотеки для реализации сеточных методов - Deal.II, Dofin, FEniCS. Примеры использования библиотек в своей программе.

7. Техники моделирования физических задач. Некоторые библиотеки и API для методов частиц.

Общий подход к моделированию физических задач с использованием методов частиц. Сходства и отличия методов молекулярной динамики и сглаженных частиц. Некоторые библиотеки для реализации методов частиц - PySPH, SPlisHSPlasH. Примеры использования библиотек в своей программе.

8. Особенности написания расчётного кода. Вопросы производительности. Машинная точность вычислений.

Вопросы производительности вычислительных программ, обусловленные архитектурой современного оборудования - эффекты использования кэшей процессора, обмена данными с оперативной памятью, конвейеризации и векторизации операций. Вопросы машинной точности при работе с малыми и большими величинами. Необходимость обезразмеривания данных и приведения их к одному порядку.

9. Кроссплатформенные оконные интерфейсы с использованием Qt. Базовый обзор технологии.

Базовый обзор технологии Qt. Базовое понятие о среде разработки Qt Creator. Логика построения оконных интерфейсов, основанная на обработке событий. Необходимость использования библиотек для достижения кроссплатформенности приложения. Необходимость использования многопоточности и асинхронных операций при разработке интерфейса пользователя.

10. Технологии распараллеливания на CPU. OpenMP. Базовый обзор технологии.

Понятие о распараллеливании на CPU в общей памяти - возможности и ограничения подхода. Базовый обзор технологии распараллеливания OpenMP. Некоторые директивы OpenMP. Сборка программы на C++ с использованием OpenMP. Использование OpenMP в программе на Python. Примеры использования OpenMP на разных логических уровнях программы, приводящие к заметному отличию в эффективности.

11. Технологии распараллеливания на CPU. MPI. Базовый обзор технологии.

Понятие о распараллеливании на CPU для суперкомпьютера с распределённой памятью - возможности и ограничения подхода, необходимость информационных обменов и синхронизации. Базовый обзор технологии распараллеливания MPI. Некоторые функции

MPI, достаточные для запуска базовых примеров. Сборка и запуск программы на C++ с использованием MPI. Использование MPI в программе на Python.

12. Технологии распараллеливания на GPU. CUDA. Базовый обзор технологии.

Понятие об использовании сопроцессоров для вычислений. GPU как сопроцессор. Необходимость информационных обменов и синхронизации с сопроцессором. Базовый обзор технологии CUDA. Некоторые функции CUDA, достаточные для запуска базовых примеров. Сборка и запуск программы на C++ с использованием CUDA. Использование CUDA в программе на Python.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Конформная теория поля

Цель дисциплины:

Введение в конформную теорию поля.

Задачи дисциплины:

Знакомство с математическим аппаратом двумерной конформной теории поля.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные принципы двумерной конформной теории поля, ее математический аппарат и место в ряду других дисциплин теоретической физики.

уметь:

вычислять корреляционные функции, конформные блоки, операторные разложения. Уметь описывать минимальные модели конформной теории поля.

владеть:

математическим аппаратом конформной теории поля.

Темы и разделы курса:

1. Элементы классической теории поля, теорема Нётер, тензор энергии-импульса

Элементы классической теории поля, лагранжев подход, связь симметрий и законов сохранения, тензор энергии-импульса, существование симметричного тензора Энергии импульса в лоренц-инвариантных теориях, примеры масштабно инвариантных классических теорий поля, масштабная и конформная инвариантность.

2. Конформная группа

Конформная группа в $D > 2$ измерениях, конус Дирака, конформные инварианты, конформная группа в двух измерениях, глобальные и локальные конформные преобразования, алгебра Виты и алгебра Вирасоро.

3. Тензор энергии-импульса в квантовой теории поля, конформные тождества Уорда

Тождества Уорда в квантовой теории поля, тождества Уорда для тензора энергии-импульса, конформные тождества Уорда, примарные поля и поля-потомки, связь корреляционных функций полей-потомков через корреляционные функции для примарных полей.

4. Конформные семейства, алгебра Вирасоро

Конформные свойства полей-потомков, алгебра Вирасоро, структура представлений алгебры Вирасоро, конформные семейства, глобальные конформные тождества Уорда, ограничения на корреляционные функции.

5. Теория представлений алгебры Вирасоро, сингулярные вектора

Лагранжев и Гамильтонов подход в КТП, теория представлений алгебры Вирасоро, характеры неприводимых представлений, вырожденные представления, примеры сингулярных векторов, дифференциальные уравнения на корреляционные функции вырожденных полей.

6. Теория свободного безмассового бозонного поля

Теория свободного бозонного поля, теорема Вика, корреляционные функции экспоненциальных операторов, аномальная размерность экспоненциального поля, тензор энергии-импульса, фоковский модуль, сингулярные и ко-сингулярные вектора.

7. Теория свободного безмассового фермионного поля, бозон-фермионное соответствие

Теория свободного дираковского фермиона, теорема Вика, корреляционные функции, бозон-фермионное соответствие, формула для вертексных операторов, диаграммы Мая, вывод формулы Якоби, Майорановские фермионы, модель Изинга.

8. Бета-гамма система, свободно полевое представление алгебры токов

Бета-гамма система, бозонизация бета-гамма системы, алгебра токов, бозонизация Вакимото.

9. Операторная алгебра, конформные свойства операторного разложения

Идея об операторной алгебре, условие ассоциативности операторной алгебры, операторная алгебра в двумерной конформной теории поля, явное вычисление первых коэффициентов операторного разложения, понятие квазипримарного поля, разложение по квазиконформным семействам.

10. Конформные блоки

Понятие конформного блока, явные вычисления коэффициентов конформного блока.

11. Рекурсионная формула Замолодчикова

Аналитическая структура конформного блока, как функция от промежуточной размерности, рекурсионная формула Замолодчикова, s и δ разложение.

12. БПЗ дифференциальное уравнение и бутстрапное вычисление трех-точечной корреляционной функции

Дифференциальное уравнение БПЗ, сведение к гипергеометрическому уравнению, разные базисы решений, формула перехода, функциональное уравнение на четырехточечную функцию, Упсилон функция, Лиувиллевская трехточечная корреляционная функция.

13. Минимальные модели I, теорема Фриедана, Кю и Шенкера

Замыкание операторной алгебры на вырожденных полях, существование двукратно-вырожденных представлений алгебры Вирасоро, минимальные модели, простейшие примеры минимальных моделей, модель Изинга.

14. Минимальные модели II, суперконформная теория поля

Трикритическая модель Изинга, алгебра Невье-Шварца, Рамоновские и Невье-Шварцовские представления, сингулярные вектора в суперконформной теории поля.

15. Минимальные модели III, расширенная конформная симметрия, W-алгебры

Модь Потса, расширенная конформная симметрия, W-алгебра, структура представлений W-алгебры.

16. Конформная теория поля в искривленном пространстве

Минимальное и неминимальное помещение КТП в метрику, тензор энергии-импульса в кривом пространстве, изометрии и законы сохранения, определение конформной теории поля в кривом пространстве, физический смысл центрального заряда, зависимость статсуммы конформной теории поля от метрики.

17. Конформная аномалия

Неинвариантность меры интегрирования по полям относительно конформных преобразований, вычисление конформной аномалии методом ядра теплопроводности, коэффициенты Сили.

18. Двумерная квантовая гравитация, теория Лиувилля

Интеграл по внешней метрике в конформной теории поля, выделение объема группы диффеоморфизмов, духи Фадеева-Попова, теория Лиувилля, гипотеза Давида-Дистлера-Каваи.

19. Кулоновские интегралы I: трехточечная функция

Вычисление корреляционных функций в теории Лиувилля, трюк Гулиана и Ли, кулоновские интегралы, вопрос сходимости, вычисление базисного интеграла, базисное интегральное тождество, вычисление трехточечного интеграла, формула Дорна-Отто-Замолодчикова-Замолодчикова.

20. Кулоновские интегралы II: четырехточечная функция

Вычисление четырех-точечного интеграла, сведение интеграла по плоскости к произведению контурных интегралов, получение функционального уравнения.

21. Кулоновские интегралы III: экранирующие операторы

Экранирующие операторы в конформной теории поля, построение сингулярных векторов при помощи экранирующих операторов, определение конформной алгебры, как коммутанта набора экранирующих операторов.

22. Классическая теория поля I: корреляционные функции

Классическая конформная теория поля, уравнение Лиувилля, разделение переменных в уравнении Лиувилля, простейшие решения, регуляризация конических особенностей, вычисление классического трехточечного действия.

23. Классическая теория поля II: классический конформный блок, связь с уравнением Пенлеве 6

Понятие классического конформного блока, гипотеза об «экспоненцировании» квантового конформного блока, метод вычисления коэффициентов классического конформного блока, связь с уравнением Пенлеве 6.

24. Суперсимметричная теория Лиувилля

Суперсимметричная теория Лиувилля. Корреляционные функции. Конформный бутстрап. Теории с W -симметрией, теории Тоды.

25. Конформная теория поля на торе

Конформная теория поля на торе I : тождества Уорда

Конформная теория поля на торе II: модулярный бутстрап

26. Модели WZNW

Модели WZNW, алгебра токов. Косет конструкция.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Космология

Цель дисциплины:

Изучение космологии, включая общие математические структуры и конкретные физические задачи.

Задачи дисциплины:

Сформировать представление об эволюции Вселенной в рамках стандартной космологической модели. Обучить студентов основным методам решения задач, связанных с космологией.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Общие представления о современной Вселенной и пути её эволюции.

уметь:

- классифицировать представления о формировании структур в ранней Вселенной.

владеть:

- Стандартной космологической моделью.

- методами решения проблемы теории Горячего Большого взрыва в рамках модели инфляции.

Темы и разделы курса:

1. Введение: Вселенная сегодня

Общие представления о современной Вселенной и пути её эволюции.

2. Инструментарий

Элементы Общей теории относительности, Стандартной модели физики частиц, термодинамики.

3. Однородная изотропная Вселенная, динамика расширения

Однородность и изотропия Вселенной, метрики подходящих пространственных многообразий, метрика Робертсона—Уокера. Закон Хаббла, свободные частицы в расширяющейся Вселенной. Уравнение Фридмана, его решения для однокомпонентных сред, возраст Вселенной и размер космологического горизонта.

4. Стандартная космологическая модель

Стандартная космологическая модель, хронология развития Вселенной, возраст современной Вселенной, яркость и угловой размер объектов, удалённых на космологические расстояния

5. Рекомбинация

Функции распределения частиц плазмы в расширяющейся Вселенной, плотность энергии и энтропия. Образование водорода и вторичная ионизация первыми звёздами.

6. Реликтовые нейтрино и первичный нуклеосинтез

Образование атомарного водорода в ранней Вселенной. Закалка активных нейтрино в ранней Вселенной, космологические ограничения на сумму масс нейтрино. Основные этапы первичного нуклеосинтеза, оценка остаточной концентрации гелия.

7. Тёмная материя

Типы компонент тёмной материи, оценки остаточной концентрации для холодной и горячей термальных компонент тёмной материи. Кандидаты на роль частиц тёмной материи: слабо взаимодействующие массивные частицы, аксион, стерильные нейтрино, когерентные осцилляции однородного скалярного поля.

8. Фазовые переходы в ранней Вселенной

Появление кваркового конденсата, переход конфайнмент-деконфайнмент, Электрослабый фазовый переход, переходы теорий Великого объединения в ранней Вселенной.

9. Генерация барионной асимметрии

Условия Сахарова образования барионной асимметрии Вселенной. Лептогенезис. Электрослабый бариогенезис, механизм Аффлекса—Дайна генерации барионной асимметрии Вселенной.

10. Проблемы теории горячего Большого взрыва и инфляция в режиме медленного скатывания

Проблемы теории Горячего Большого взрыва и инфляция как способ их решения. Инфляция в режиме медленного скатывания, хаотическая, новая, гибридная инфляции.

11. Генерация космологических возмущений в ходе инфляции

Генерация скалярных и тензорных возмущений на инфляционной стадии, амплитуды и наклоны спектров.

12. Рождение частиц во внешних полях и постинфляционный разогрев

Рождение бозонов и фермионов во внешних полях, метод преобразований Боголюбова. Постинфляционный разогрев Вселенной, явление параметрического резонанса, рождение тяжёлых фермионов.

13. Джинсовская неустойчивость и формирование структур

Джинсовская неустойчивость в статической среде и в расширяющейся Вселенной. Современные размеры коллапсировавших в ранней Вселенной неоднородностей.

14. Космологические возмущения в линейном приближении

Эволюция векторных и тензорных мод в расширяющейся Вселенной. Законы эволюции скалярных возмущений в расширяющейся Вселенной для однокомпонентных сред. Формирование структур в ранней Вселенной, аналитическая оценка распределения структур по массам в формализме Пресса-Шехтера.

15. Анизотропия реликтового излучения

Формирование анизотропии температуры реликтового излучения, связь анизотропии с основными космологическими параметрами.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Кратные интегралы и теория поля (классич.)

Цель дисциплины:

дальнейшее ознакомление студентов с методами математического анализа, формирование у них доказательного и логического мышления.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся теоретических знаний и практических навыков в задачах поиска безусловного и условного экстремумов функции многих переменных, теории меры и интеграла, теории поля;
- подготовка слушателей к изучению смежных математических дисциплин;
- приобретение навыков в применении методов математического анализа в физике и других естественнонаучных дисциплинах.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- теорему о неявной функции;
- определения экстремума функции многих переменных и условного экстремума функции многих переменных при наличии связей, необходимые и достаточные условия в задачах нахождения безусловного, а также условного экстремума при наличии связей;
- определение кратного интеграла Римана, критерий интегрируемости функции, достаточное условие интегрируемости функции, свойства интегрируемых функций, теорему о сведении кратного интеграла к повторному, физические приложения интеграла;
- основные факты и формулы теории поля (формулы Грина, Остроградского-Гаусса, Стокса), физический смысл формул теории поля.

уметь:

- исследовать на экстремум функции многих переменных;
- решать задачи на условный экстремум методом множителей Лагранжа;
- вычислять интеграл от функции многих переменных по множеству;

-уметь решать прикладные физические задачи: вычислять массу тела, моменты инерции, объёмы и т.п.

-применять формулы теории поля для решения математических задач: вычисление интегралов, нахождение площадей и объёмов тел, площадей поверхностей;

-применять формулы теории поля для решения физических задач: проверка потенциальности и соленоидальности поля, нахождение работы поля при движении материальной точки и т.п.;

-уметь проводить вычисления с оператором набла.

владеть:

Логическим мышлением, методами доказательств математических утверждений.

Навыками вычисления интегралов и навыками применения теорем теории поля в математических и физических приложениях.

Умением пользоваться необходимой литературой для решения задач.

Темы и разделы курса:

1. Теорема о неявной функции.

Теорема о неявной функции, заданной одним уравнением. Теорема о неявных функциях, заданных системой уравнений (без доказательства). Локальная обратимость отображения пространств одинаковой размерности с ненулевым якобианом.

2. Безусловный экстремум. Необходимые и достаточные условия.

Экстремумы функций многих переменных: необходимое условие, достаточное условия.

3. Условный экстремум функции многих переменных при наличии связи: исследование при помощи функции Лагранжа.

Необходимые и достаточные условия.

4. Кратный интеграл и его свойства.

Кратный интеграл Римана. Суммы Римана и суммы Дарбу. Критерии интегрируемости. Интегрируемость функции, непрерывной на измеримом компакте. Свойства интегрируемых функций: линейность интеграла, аддитивность интеграла по множествам, интегрирование неравенств, теоремы о среднем, непрерывность интеграла. Сведение кратного интеграла к повторному.

Геометрический смысл модуля и знака якобиана отображения двумерных пространств. Теорема о замене переменных в кратном интеграле (доказательство для двумерного случая).

5. Криволинейные интегралы. Формула Грина.

Формула Грина. Потенциальные векторные поля на плоскости. Условие независимости криволинейного интеграла второго рода от пути интегрирования.

6. Поверхности. Поверхностные интегралы.

Простая гладкая поверхность. Поверхностный интеграл первого рода. Независимость выражения интеграла через параметризацию поверхности от допустимой замены параметров. Площадь поверхности. Ориентация простой гладкой поверхности. Поверхностный интеграл второго рода, выражение через параметризацию поверхности. Кусочно-гладкие поверхности, их ориентация и интегралы по ним.

7. Теория поля: формулы Остроградского-Гаусса и Стокса

Формула Гаусса-Остроградского. Дивергенция векторного поля, ее независимость от выбора прямоугольной системы координат и геометрический смысл. Соленоидальные векторные поля. Связь соленоидальности с обращением в нуль дивергенции поля. Понятие о векторном потенциале.

Формула Стокса. Ротор векторного поля, его независимость от выбора прямоугольной системы координат и геометрический смысл. Потенциальные векторные поля. Условия независимости криволинейного интеграла от пути интегрирования. Связь потенциальности с обращением в нуль ротора поля.

Вектор «набла» и действия с ним. Основные соотношения содержащие вектор «набла». Лапласиан и градиент по вектору для скалярного и векторного поля.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Кратные интегралы и теория поля (модерн.)

Цель дисциплины:

дальнейшее ознакомление студентов с методами математического анализа, формирование у них доказательного и логического мышления.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся теоретических знаний и практических навыков в задачах поиска безусловного и условного экстремумов функции многих переменных, теории меры и интеграла, теории поля;
- подготовка слушателей к изучению смежных математических дисциплин;
- приобретение навыков в применении методов математического анализа в физике и других естественнонаучных дисциплинах.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- теорему о неявной функции;
- определения экстремума функции многих переменных и условного экстремума функции многих переменных при наличии связей, необходимые и достаточные условия в задачах нахождения безусловного, а также условного экстремума при наличии связей;
- определение кратного интеграла Римана, критерий интегрируемости функции, достаточное условие интегрируемости функции, свойства интегрируемых функций, теорему о сведении кратного интеграла к повторному, физические приложения интеграла;
- основные факты и формулы теории поля (формулы Грина, Остроградского-Гаусса, Стокса), физический смысл формул теории поля.

уметь:

- исследовать на экстремум функции многих переменных;
- решать задачи на условный экстремум методом множителей Лагранжа;
- вычислять интеграл от функции многих переменных по множеству;

-уметь решать прикладные физические задачи: вычислять массу тела, моменты инерции, объёмы и т.п.

-применять формулы теории поля для решения математических задач: вычисление интегралов, нахождение площадей и объёмов тел, площадей поверхностей;

-применять формулы теории поля для решения физических задач: проверка потенциальности и соленоидальности поля, нахождение работы поля при движении материальной точки и т.п.;

-уметь проводить вычисления с оператором набла.

владеть:

Логическим мышлением, методами доказательств математических утверждений.

Навыками вычисления интегралов и навыками применения теорем теории поля в математических и физических приложениях.

Умением пользоваться необходимой литературой для решения задач.

Темы и разделы курса:

1. Теорема о неявной функции.

Теорема о неявной функции, заданной одним уравнением. Теорема о неявных функциях, заданных системой уравнений (без доказательства). Локальная обратимость отображения пространств одинаковой размерности с ненулевым якобианом.

2. Безусловный экстремум. Необходимые и достаточные условия.

Экстремумы функций многих переменных: необходимое условие, достаточное условия.

3. Условный экстремум функции многих переменных при наличии связи: исследование при помощи функции Лагранжа.

Необходимые и достаточные условия.

4. Кратный интеграл и его свойства.

Кратный интеграл Римана. Суммы Римана и суммы Дарбу. Критерии интегрируемости. Интегрируемость функции, непрерывной на измеримом компакте. Свойства интегрируемых функций: линейность интеграла, аддитивность интеграла по множествам, интегрирование неравенств, теоремы о среднем, непрерывность интеграла. Сведение кратного интеграла к повторному.

Геометрический смысл модуля и знака якобиана отображения двумерных пространств. Теорема о замене переменных в кратном интеграле (доказательство для двумерного случая).

5. Криволинейные интегралы. Формула Грина.

Формула Грина. Потенциальные векторные поля на плоскости. Условие независимости криволинейного интеграла второго рода от пути интегрирования.

6. Поверхности. Поверхностные интегралы.

Простая гладкая поверхность. Поверхностный интеграл первого рода. Независимость выражения интеграла через параметризацию поверхности от допустимой замены параметров. Площадь поверхности. Ориентация простой гладкой поверхности. Поверхностный интеграл второго рода, выражение через параметризацию поверхности. Кусочно-гладкие поверхности, их ориентация и интегралы по ним.

7. Теория поля: формулы Остроградского-Гаусса и Стокса

Формула Гаусса-Остроградского. Дивергенция векторного поля, ее независимость от выбора прямоугольной системы координат и геометрический смысл. Соленоидальные векторные поля. Связь соленоидальности с обращением в нуль дивергенции поля. Понятие о векторном потенциале.

Формула Стокса. Ротор векторного поля, его независимость от выбора прямоугольной системы координат и геометрический смысл. Потенциальные векторные поля. Условия независимости криволинейного интеграла от пути интегрирования. Связь потенциальности с обращением в нуль ротора поля.

Вектор «набла» и действия с ним. Основные соотношения содержащие вектор «набла». Лапласиан и градиент по вектору для скалярного и векторного поля.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Лабораторный практикум по магнитно-резонансным методам

Цель дисциплины:

Целью дисциплины является овладение обучающимися методами управления состоянием невзаимодействующих ядерных спинов, используя оборудование, применяемое в спектроскопии ЯМР высокого разрешения и в ЯМР-релаксометрии. Предполагается освоение культуры современного магнитно-резонансного эксперимента, а также техники безопасности при работе с магнитными полями высокой напряженности и рачительного обращения со сложным радиотехническим оборудованием. Решенные в данном практикуме задачи могут быть в дальнейшем адаптированы для исследования свойств новых спиновых систем в исследовательской деятельности студентов. При выполнении лабораторных работ обучающиеся научатся грамотному оформлению результатов экспериментов, их последующей обработке, а также представлению результатов для оценки преподавателем. Результаты будут обрабатываться с учетом возможных ошибок и погрешностей магнитно-резонансного эксперимента с ядерными спинами. В данном лабораторном практикуме будут рассмотрены особенности поведения ядер при наличии и отсутствии электрического квадрупольного момента. Обучающимся будут даны базовые компетенции для работы с современным научным оборудованием, использующим явление ЯМР. При выполнении лабораторных работ данного практикума у студентов будут сформированы навыки экспериментальной работы, что позволит им подготовиться к выполнению исследовательских проектов в научных лабораториях. Предполагается развитие творческих навыков постановки научных задач.

Задачи дисциплины:

1. Управление состоянием невзаимодействующих ядерных спинов с использованием соответствующих импульсных последовательностей радиочастотного электромагнитного поля.
2. Применение радиочастотных импульсных последовательностей для решения задач определения времен спин-решеточной и спин-спиновой релаксации (T_1 и T_2 , соответственно), определения констант электронного экранирования для ядерных спинов в составе различных нанообъектов, определения параметров импульсных радиочастотных последовательностей, позволяющих управлять состоянием ядерных спинов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

1. Феноменологическое уравнение Блоха с учетом процессов релаксации.
2. Способы управления состоянием невзаимодействующих ядерных спинов.
3. Основные последовательности радиочастотных импульсов, применяемых для управления состоянием ядерных спинов.
4. Способы, применяемые при работе с различными физическими реализациями кубитов (в частности, сверхпроводящими).
5. Основные объекты и явления, исследование которых возможно магнитно-резонансными методами.
6. Феноменологическое описание релаксации (T_1 и T_2) для различных систем.
7. Научные задачи, над которыми работают в лабораториях - партнерах образовательной программы.
8. Принципиальную схему спектрометра ЯМР высокого разрешения.
9. Технику безопасности и правила работы с магнитно-резонансным научным оборудованием.

уметь:

1. Готовить образцы для исследования методами магнитно-резонансной спектроскопии.
2. Юстировать инструменты, используемые в исследованиях (настройка шиммирующих катушек и т.п.).
3. Измерять времена продольной и поперечной релаксации (T_1 и T_2), определять длительности радиочастотных $\pi/2$ и π импульсов.
4. Планировать эксперимент для решения поставленной научной задачи с использованием методов ЯМР.
5. Собирать, обрабатывать и представлять результаты эксперимента, проводя анализ имеющихся погрешностей.
6. Использовать теоретические модели для описания динамики ядерных спинов в условиях эксперимента.

владеть:

1. Экспериментальными методами решения научных задач по изучению поведения ядерных спинов методами ЯМР.
2. Методами анализа и обработки получаемых экспериментальных данных.

Темы и разделы курса:

1. Настройка однородности магнитного поля ЯМР-спектрометра высокого разрешения.

Демонстрация основных узлов спектрометра ЯМР высокого разрешения. Объясняются требования к однородности напряженности постоянного магнитного поля спектрометра. Вводится понятие дейтериевой стабилизации. Настройка однородности магнитного поля с помощью калибровки тока шиммирующих катушек в ручном и автоматическом режиме.

2. Регистрация спектров ЯМР высокого разрешения.

Вводится понятие радиочастотных $\pi/2$ и π импульсов. Выполняется настройка добротности приемопередающих катушек (tune, match). Выполняется калибровка длительности радиочастотных импульсов. Проводится регистрация сигнала спада свободной индукции на протонах после воздействия $\pi/2$ импульса. Преобразование Фурье полученного спада и анализ полученного спектра ЯМР высокого разрешения.

3. Анализ спектров ЯМР высокого разрешения органических веществ.

Регистрация спектров ЯМР высокого разрешения для различных соединений. Определение значений химического сдвига сигналов. Обоснование мультиплетной структуры спектральных линий. Измерение гомоядерных и гетероядерных констант спин-спинового взаимодействия для спинов $I = 1/2$.

4. Регистрация сигналов эха Хартмана-Хана.

Раскрывается принцип явления спинового эха Хартмана-Хана. Приводится обоснование необходимости регистрации сигнала в режиме спинового эха. Получение сигнала спинового эха для протонов с различным временем между импульсами. Регистрация сигналов эха Хартмана-Хана с использованием импульсов градиента магнитного поля.

5. Измерение времени поперечной релаксации протонов.

Демонстрация основных узлов релаксометра ЯМР низкого разрешения. Настройка длительностей радиочастотных импульсов для релаксометра. Измерение времени спада свободной индукции на протонах $T2^*$. Обоснование необходимости использования последовательности импульсов КПМГ для регистрации $T2$. Измерение $T2$ протонов.

6. Измерение времени продольной релаксации протонов.

Объяснение принципов работы импульсных последовательностей насыщение-восстановление, инверсия-восстановление. Подбор оптимальных параметров эксперимента для сокращения времени эксперимента. Определение времени релаксации $T1$ протонов. Сравнение времен продольной и поперечной релаксации.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Лазерная физика

Цель дисциплины:

– формирование базовых знаний по физике лазеров, как в области теории лазеров, так и в экспериментальной области, ознакомление с важнейшими открытиями в этой сфере, обучение методикам проведения экспериментальных исследований с помощью лазеров, формирование исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины:

- освоение студентами основ физики лазеров;
- обучение студентов принципам расчёта и анализа работы лазерных источников, выявление особенностей их функциональных характеристик в сравнении с распространёнными экспериментальными установками;
- формирование умений и навыков применять полученные знания в реальной исследовательской деятельности.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные понятия, законы, принципы и методы, применяемые в современных экспериментах с использованием лазерных источников;
- основные результаты открытий и исследований, определивших пути развития лазеров;
- принципиальные особенности различных лазерных источников.

уметь:

- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных задач и постановки экспериментов;
- получать наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценить степень их достоверности.

владеть:

- методикой работы с лазерными источниками;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- базовыми навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- навыками грамотной обработки результатов эксперимента и сопоставления с теоретическими данными;
- основными навыками представления своих результатов на семинарах, конференциях;
- навыками освоения большого объема информации, включая работу с научной литературой;
- основными навыками написания научных статей.

Темы и разделы курса:

1. Физические основы лазеров

Инверсия населённости. Вынужденное поглощение и испускание. Обратная связь. Механизмы релаксации. Схемы создания инверсной населенности.

2. Взаимодействие атома с излучением

Когерентная динамика двухуровневого атома. Амплитуды вероятности и волновая функция. Вероятность возбуждения. Динамические уравнения для атомной матрицы плотности. Неподвижный атом. Движущийся атом. Приближение вращающейся волны. Матричные элементы дипольного момента. Релаксация атомной матрицы плотности. Квантование вакуумного поля. Релаксация состояний двухуровневого атома. Возбуждение атома бегущей световой волной. Возбуждение атома стоячей волной.

3. Взаимодействие атомной среды с излучением

Уравнения электромагнитного поля. Материальные уравнения. Динамика среды в поле излучения. Когерентный отклик среды. Некогерентное взаимодействие на однородно уширенном переходе. Квазистатическая поляризация среды. Электрическая восприимчивость среды. Диссипация электромагнитного поля. Поглощение и дисперсия среды. Некогерентное взаимодействие на неоднородно уширенном переходе. Поглощение бегущей волны. Поглощение стоячей волны.

4. Оптические резонаторы

Закрытые и открытые резонаторы. Плотность состояний. Добротность резонатора. Плоскопараллельный резонатор. Конфокальный резонатор. Распространение световых лучей. Параксиальные лучи. Гауссов пучок. Обобщённый сферический резонатор. Расчёт геометрии. Устойчивость сферического резонатора. Неустойчивые резонаторы. Интерферометр Фабри-Перо. Методы селекции мод. Селекция продольных мод. Селекция поперечных мод. Кольцевой резонатор.

5. Диэлектрические волноводы и резонаторы

Уравнения распространения излучения. Планарные волноводы. Поперечные электрические моды. Поперечные магнитные моды. Цилиндрический ступенчатый волновод. Уравнения

распространения поля. Граничные условия для локализованных мод. Диэлектрические микрорезонаторы.

6. Полуклассическая теория лазера

Уравнения многомодового лазера. Уравнения одномодового лазера. Непрерывная генерация. Импульсная генерация при модуляции добротности. Многомодовая генерация. Конкуренция мод. Захват мод. Шумы лазерного излучения. Спектральная плотность оптического сигнала. Теорема Винера-Хинчина. Спектр лазерного излучения.

7. Генерация ультракоротких импульсов

Метод синхронизации мод. Активная и пассивная синхронизация мод.

8. Газовые лазеры

Гелий-неоновый лазер. Лазер на ионах Ag^+ . Лазер на смеси $CO_2 - N_2$. Химические газовые лазеры.

9. Лазеры на люминесцентных кристаллах и стёклах

Спектры ионов в кристаллах и стёклах. Рубиновый лазер. Неодимовые лазеры. Твердотельные лазеры с полупроводниковой накачкой.

10. Жидкостные молекулярные лазеры

Спектры органических красителей. Лазеры на красителях. Методы перестройки частоты.

11. Однородные полупроводники

Плотность электронных состояний. Представление стоячих волн. Представление бегущих волн. Полупроводники АШВIV. Равновесные электронные состояния. Квазиравновесные электронные состояния. Накачка электронных состояний. Поглощение и усиление света. Вынужденные переходы. Приведённая плотность состояний. Коэффициент поглощения. Коэффициент усиления.

12. Полупроводниковые диодные лазеры

Инжекционные лазеры на p-n переходах. Инжекционные лазеры на гетеропереходах. Резонаторы полупроводниковых лазеров. Поперечные электрические моды. Поперечные магнитные моды. Поляризации TE и TM мод. Распределённая обратная связь. Распределённые брэгговские отражатели.

13. Квантоворазмерные полупроводники

Структуры с квантовыми ямами. Электронные состояния. Плотность состояний. Заселённости равновесных состояний. Поглощение и усиление света. Квантовые нити и квантовые точки. Электронные состояния. Плотность состояний.

14. Лазеры на квантоворазмерных структурах

Поверхностно-излучающие инжекционные микролазеры. Материальная структура. Распределённые брэгговские отражатели. Частота генерации. Лазеры на квантовых нитях и квантовых точках. Оптическое усиление. Лазеры на полимерах.

15. Квантовые свойства световых полей

Состояния чисел заполнения. Когерентные состояния. Сжатые состояния.

16. Квантовая теория лазера

Формализм матрицы плотности. Статистика числа фотонов. Подпороговый режим. Надпороговый режим. Точное решение для произвольного насыщения. Ширина линии генерации.

17. Специфические лазерные системы

Лазеры на свободных электронах. Рентгеновские лазеры. Проблема гамма лазера. Сверхбыстрая электронная дифракция и 4D электронная микроскопия.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Легкие адроны

Цель дисциплины:

формирование знаний по экспериментальной физике высоких энергий, знания о важнейших экспериментах в этой области, об устройстве и работе основных экспериментальных установок, об основных физических результатах в области физики высоких энергий.

Задачи дисциплины:

Студент должен понимать

- постановку экспериментов в области промежуточных энергий и методику анализа данных в этих экспериментах;
- основные экспериментальные результаты, полученные в ускорительных экспериментах промежуточной области энергий;
- уметь интерпретировать экспериментальные результаты, получаемые в экспериментах промежуточной области энергий;
- владеть методикой анализа данных, получаемых в ускорительных экспериментах промежуточной области энергий.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

содержание предмета курса «Легкие адроны», соответствующую терминологию и понятийный аппарат. Иметь представление об истории открытия легких адронов, измерения их параметров теорию изотопического спина. Понимать теорию рассеяния, образование резонансов и их распады. Иметь представление о методах, применяющихся для изучения резонансов и измерения их характеристик.

уметь:

вычислять различные сечения процессов, основываясь на понятийном аппарате изотопического спина, предсказывать форму различных распределений в зависимости от свойств изучаемой частицы.

владеть:

способами определения свойств частиц.

Темы и разделы курса:

1. Введение. Взаимодействия. Классификация частиц.

Список частиц Стандартной модели.

Адроны. Мезоны и барионы.

Лептоны.

Фундаментальные взаимодействия.

Связь константы взаимодействия и классического потенциала.

2. Пионы.

Строение ядра. Эквивалентность ядерных сил. Гипотеза Гейзенберга об изоспине.

Мезотрон Юкавы.

Открытие заряженного пиона.

Открытие нейтрального пиона.

Принцип детального равновесия.

Измерение квантовых чисел пиона.

Изоспин. Коэффициенты Клебша-Гордана.

3. Резонансы.

Сечение рассеяния и фаза

Формула Брейта-Вигнера

Пион-нуклонные резонансы

Экспериментальные методы изучения резонансов. Инвариантная и недостающая масса.

Пион-пионные резонансы.

Трехчастичное конечное состояние. Трехчастичный фазовый объем.

4. Странные частицы. Классификация легких адронов.

Открытие странных частиц.

Измерение массы, времени жизни и квантовых чисел странных частиц.

Theta-tau парадокс. Нарушение P-четности в распадах каонов. Четность каона.

Диаграмма Далица

Гипероны.

Классификация адронов. Нонеты мезонов, октет и декуплет барионов.

5. Кварки и глюоны.

Флейворная симметрия. Цветовая $SU(3)$ симметрия.

Глубоконеупругое рассеяние. Структурные функции.

Открытие кварков и глюонов.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Линейная алгебра

Цель дисциплины:

ознакомление слушателей с основами линейной алгебры и подготовка к изучению других математических курсов – дифференциальных уравнений, теории функций комплексного переменного, уравнений математической физики, функционального анализа, аналитической механики, теоретической физики, методов оптимального управления и др.

Задачи дисциплины:

- приобретение слушателями теоретических знаний и практических умений и навыков в области матричной алгебры, теории линейных пространств;
- подготовка слушателей к изучению смежных математических дисциплин;
- приобретение навыков в применении методов аналитической в физике и других естественнонаучных дисциплинах.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- операции с матрицами, методы вычисления ранга матрицы и детерминантов;
- теоремы о системах линейных уравнений Кронекера-Капелли и Фредгольма, правило Крамера, общее решение системы линейных уравнений;
- основные определения и теоремы о линейных пространствах и подпространствах, о линейных отображениях линейных пространств;
- определения и основные свойства собственных векторов, собственных значений, характеристического многочлена;
- приведение квадратичной формы к каноническому виду, закон инерции, критерий Сильвестра;
- координатную запись скалярного произведения, основные свойства самосопряженных преобразований;
- основы теории линейных пространств в объеме, обеспечивающем изучение аналитической механики, теоретической физики и методов оптимального управления.

уметь:

- производить матричные вычисления, находить обратную матрицу, вычислять детерминанты;
- находить численное решение системы линейных уравнений. находить собственные значения и собственные векторы линейных преобразований, приводить квадратичную форму к каноническому виду, находить ортонормированный базис из собственных векторов самосопряженного преобразования;
- оперировать с элементами и понятиями линейного пространства, включая основные типы зависимостей: линейные операторы, билинейные и квадратичные формы.

владеть:

- общими понятиями и определениями, связанными с матричной алгеброй;
- геометрической интерпретацией систем линейных уравнений и их решений;
- понятиями линейного пространства, матричной записью подпространств и отображений;
- сведениями о применениях спектральных задач;
- применениями квадратичных форм в геометрии и анализе;
- понятиями сопряженного и ортогонального преобразования;
- применениями евклидовой метрики в задачах геометрии и анализа, различными приложениями симметричной спектральной задачи;
- умением пользоваться необходимой литературой для решения задач повышенной трудности (в вариативной части курса).

Темы и разделы курса:**1. Векторные пространства**

1.1. Умножение и обращение матриц. Ортогональные матрицы. Элементарные преобразования матриц. Матричная форма элементарных преобразований.

1.2. Определение и основные свойства детерминантов. Миноры, алгебраические дополнения, разложение детерминанта по элементам строки или столбца. Формула полного разложения детерминанта и ее следствия. Детерминант произведения матриц.

1.3. Решение систем линейных уравнений по методу Крамера. Ранг матрицы. Теорема о базисном миноре. Теорема о ранге матрицы.

1.4. Системы линейных уравнений. Теорема Кронеккера-Капелли. Фундаментальная система решений и общее решение однородной системы линейных уравнений. Общее решение неоднородной системы. Метод Гаусса. Теорема Фредгольма.

2. Линейные отображения

2.1. Аксиоматика линейного пространства. Линейная зависимость и линейная независимость систем элементов в линейном пространстве. Размерность и базис. Подпространства и линейные оболочки в линейном пространстве. Сумма и пересечение подпространств. Прямая сумма. Формула размерности суммы подпространств. Вывод формулы размерности суммы подпространств. Гиперплоскости.

2.2. Разложение по базису в линейном пространстве. Координатное представление элементов линейного пространства и операций с ними. Теорема об изоморфизме. Координатная форма необходимого и достаточного условия линейной зависимости элементов.

2.3. Изменение координат при изменении базиса в линейном пространстве. Матрица перехода и ее свойства. Координатная форма задания подпространств и гиперплоскостей.

3. Структура линейного преобразования

3.1. Линейные отображения и линейные преобразования линейного пространства. Операции над линейными преобразованиями. Обратное преобразование. Линейное пространство линейных отображений. Алгебра линейных преобразований.

3.2. Матрицы линейного отображения и линейного преобразования для конечномерных пространств. Операции над линейными преобразованиями в координатной форме. Изменение матрицы линейного отображения при замене базисов. Изоморфизм пространства линейных отображений и пространства матриц.

3.3. Инвариантные подпространства линейных преобразований. Собственные векторы и собственные значения. Собственные подпространства. Линейная независимость собственных векторов, принадлежащих различным собственным векторам.

3.4. Нахождение собственных значений и собственных векторов линейного преобразования конечномерного линейного пространства. Характеристическое уравнение. Оценка размерности собственного подпространства. Условия диагонализуемости матрицы линейного преобразования. Приведение матрицы линейного преобразования к треугольному виду.

3.5. Линейные формы. Сопряженное (двойственное) пространство. Биортогональный базис. Вторичное сопряженное пространство.

4. Билинейные и квадратичные формы

4.1. Билинейные и квадратичные формы. Их координатное представление в конечномерном линейном пространстве. Изменение матриц билинейной и квадратичной форм при изменении базиса.

4.2. Приведение квадратичной формы к каноническому виду методом Лагранжа. Теорема инерции для квадратичных форм. Знакоопределенные квадратичные формы. Критерий Сильвестра. Приведение квадратичной формы к диагональному виду элементарными преобразованиями. Формулировка теоремы Жордана.

5. Евклидово пространство

5.1. Аксиоматика евклидова пространства. Неравенство Коши-Буняковского. Неравенство треугольника. Матрица Грама и ее свойства.

5.2. Конечномерное евклидово пространство. Ортогонализация базиса. Переход от одного ортонормированного базиса к другому. Ортогональное дополнение подпространства.

5.3. Линейные преобразования евклидова пространства. Ортогональное проектирование на подпространство. Сопряженные преобразования, их свойства. Координатная форма сопряжения преобразования конечномерного евклидова пространства.

5.4. Самосопряженные преобразования. Свойства их собственных векторов и собственных значений. Существование базиса из собственных векторов самосопряженного преобразования.

5.5. Ортогональные преобразования. Их свойства Координатный признак ортогональности. Свойства ортогональных матриц. Полярное разложение линейных преобразований евклидова пространства. Канонический вид матрицы ортогонального преобразования. Сингулярное разложение.

5.6. Построение ортонормированного базиса, в котором квадратичная форма имеет диагональный вид. Одновременное приведение к диагональному виду пары квадратичных форм, одна из которых является знакоопределенной.

6. Сопряженное пространство

6.1. Унитарное пространство и его аксиоматика. Унитарные и эрмитовы матрицы. Унитарные и эрмитовы преобразования. Эрмитовы формы. Свойства унитарных и эрмитовых преобразований. Свойства эрмитовых форм.

6.2. Понятие о тензорах. Основные тензорные операции. Тензоры в евклидовом пространстве. Тензоры в ортонормированном базисе.

7. Тензоры

Общее понятие тензора, описываются основные свойства тензоров и тензорные операции.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Литературный семинар

Цель дисциплины:

- формирование у студентов научного мышления, понимания современных задач физики;
- формирование у студентов навыков представления результатов научной деятельности в форме семинара или выступления на конференции, а также навыков ведения научной дискуссии.

Задачи дисциплины:

- знакомство студентов с наиболее важными актуальными физическими статьями и задачами;
- формирование знаний и умений, необходимых для успешного представления результатов научной деятельности в области теоретических исследований по современным актуальным проблемам.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

содержание наиболее важных свежих научных публикаций.

уметь:

читать и анализировать научные статьи, представлять полученные знания в ходе устного доклада.

владеть:

методами создания презентаций и работы у доски в научной аудитории.

Темы и разделы курса:

1. Физика высоких энергий: феноменология.

Обзоры текущей литературы в базе электронных препринтов arxiv.org в разделе [hep-ph](http://arxiv.org/abs/hep-ph) в виде устных докладов студентов с вопросами лектора и участников семинара.

2. Физика высоких энергий: теория.

Обзоры текущей литературы в базе электронных препринтов arxiv.org в разделе [hep-th](http://arxiv.org/abs/hep-th) в виде устных докладов студентов с вопросами лектора и участников семинара.

3. Общая теория относительности и квантовая космология.

Обзоры текущей литературы в базе электронных препринтов arxiv.org в разделе [gr-qc](http://arxiv.org/abs/gr-qc) в виде устных докладов студентов с вопросами лектора и участников семинара.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Магнетизм в двумерных системах и гетероструктурах

Цель дисциплины:

Формирование у обучающихся базовых представлений о физических основах магнетизма в двумерных материалах и применениях теоретического аппарата для описания поведения гетероструктур и двумерных материалов в магнитном поле. Знакомство с важнейшими экспериментальными методами наблюдения и исследования магнетизма применительно к двумерным материалам.

Задачи дисциплины:

Дать общее представление о месте и возможностях магнито-резонансных методов в изучении объектов различной природы и подготовить обучающихся к чтению специальной литературы, монографий и оригинальных работ в области магнитного резонанса.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Природу магнитных свойств вещества, характер их поведения в переменном и постоянном магнитных полях, условия и причины возникновения интенсивного поглощения энергии высокочастотного поля в резонансе.

уметь:

Правильно выбрать подходящий способ наблюдения магнитного резонанса для исследования конкретных свойств образцов и материалов, оценить чувствительность и разрешающую способность метода, провести простейшие измерения и проанализировать их.

владеть:

Навыками обработки резонансных спектров и извлечения из них информации о физических свойствах исследуемых объектов, навыками расчета магнитных и магниторезонансных свойств веществ, оценки и предсказания их поведения в зависимости от внешних (магнитного поля, температуры, давления) и внутренних (концентрации, кристаллической структуры, наличия примесей) условий и параметров,

Темы и разделы курса:

1. Основные понятия классического и квантового описания магнетизма

Основные понятия квантовой физики: экспериментальные результаты и постулаты. Волновые свойства частиц, гипотеза де-Бройля, дискретные свойства излучения, гипотеза Планка. Дискретность энергетических уровней атомов. Волновая функция, операторы физических величин и их свойства, собственные функции и собственные значения, измерение и среднее значение.

Операторы импульса, кинетической энергии, момента импульса. Коммутатор операторов, соотношение неопределенностей. Уравнение Шредингера, стационарные состояния.

Уравнение Шредингера в кулоновском поле. Волновые функции, уровни энергии и орбитальный момент электрона в водородоподобных атомах. Магнитный момент, гиромагнитное отношение, g -фактор. Опыт Штерна-Герлаха, спин электрона. Правила сложения угловых моментов. Полные механический и магнитный моменты электрона, формула Ланде.

Тождественные частицы, оператор перестановки, бозоны и фермионы. Принцип Паули. Обменное взаимодействие.

Сложные атомы, слои и оболочки. Правило Клечковского. Правила Хунда. Термы. Связь Рассела-Саундерса (L - S -связь) и j - j -связь. Спин-орбитальное взаимодействие, тонкая структура, правило интервалов Ланде.

2. Магнитные свойства веществ.

Атом в магнитном поле. Эффект Зеемана. Парамагнитные вещества, магнитная восприимчивость, формула Бриллюэна, закон Кюри. Учет взаимодействия между магнитными моментами, молекулярное поле Вейсса. Спонтанная намагниченность, закон Кюри-Вейсса. Температура Кюри и ее связь с константой молекулярного поля Вейсса и обменным интегралом. Модель Гейзенберга. Магнитное упорядочение, ферро- и антиферромагнетики.

Движение гиромагнитного волчка в магнитном поле. Теорема Лармора. Диамагнетизм, формула Ланжевена.

Оболочечная модель ядра. Решение уравнение Шредингера для гармонического осциллятора. Учет спин-орбитального взаимодействия. Расчет магнитного и механического моментов ядра на примере ядер ^{14}N и ^{15}N .

3. Магнетизм двумерных систем

Структура сверхтонкого взаимодействия: спин-спиновое, спин-орбитальное и Ферми-контактное взаимодействия. Расщепление уровней энергии в магнитном поле с учетом сверхтонкого взаимодействия. Правила отбора и разрешенные переходы под действием переменного электромагнитного поля. Спектры электронного и ядерного магнитных резонансов при различных соотношениях между величинами сверхтонкого взаимодействия и ядерной зеемановской энергии.

Элементарное условие магнитного резонанса. Поглощение энергии и спин-решеточная релаксация. Система спинов в постоянном и переменном магнитных полях. Спин-спиновая релаксация. Уравнения Блоха. Комплексная магнитная восприимчивость. Форма линий поглощения и дисперсии.

4. Магнетизм в гетероструктурах

Ядерный магнитный резонанс (ЯМР). Химический сдвиг. Спин-спиновое взаимодействие. Сужение линий, обусловленное движением спинов и обменным взаимодействием.

Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР). Влияние кристаллических полей, тонкая и сверхтонкая структуры спектров. Спин-спиновое и спин-решеточное взаимодействие. Влияние обменного взаимодействия на форму линии.

Методы наблюдения магнитного резонанса. Блок-схемы типичных ЯМР- и ЭПР-спектрометров. Чувствительность и разрешающая способность. Ядерная индукция. Импульсные методы, метод спинового эха.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Магнетизм и магнитные наноматериалы

Цель дисциплины:

Сформировать навыки анализа научных публикаций по широкой тематике, связанной с квантовыми наноструктурами, материалами и устройствами.

Задачи дисциплины:

- расширить научный кругозор учащихся;
- научить выявлению противоречий и неполноты информации в научных статьях;
- привить навыки сопоставления данных и интерпретации экспериментальных фактов в статьях разных авторов; привить культуру научной дискуссии.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные экспериментально наблюдаемые характеристики магнитных материалов.

уметь:

проводить обработку экспериментальных данных, относящихся к магнитным материалам и явлениям.

владеть:

навыками анализа теоретических работ по магнитным свойствам материалов.

Темы и разделы курса:

1. Введение в магнитные явления.

Основные понятия, классификация магнитных материалов. Атомный магнетизм. Магнитостатика, динамические процессы. Магнетизм в твердых телах: модель свободных электронов, парамагнетизм, ферромагнетизм, ферримагнетизм, ферромагнетизм. Магнетизм переходных

металлов и их сплавов. Магнитные взаимодействия: диполь-дипольное взаимодействие, прямой обмен, не прямой обмен. Спиновые стекла. Мультиферроики.

2. Экспериментальные методы.

Создание магнитного поля, измерения ключевых величин. Магнитооптика. Важнейшие измерительные инструменты. Схемы классических экспериментов. Исследования магнитных фазовых переходов. Исследования магнитной анизотропии. Исследования магнитной доменной структуры. Измерение магнитосопротивления.

3. Магнитные наноструктуры.

Ноль-, одно- и двумерные магнитные наноструктуры: атомы, кластеры, наночастицы, нанопроволоки, тонкие пленки, мультислой. Обменная связь через немагнитный слой. Обменная связь через антиферромагнитный слой. Эффекты поверхностной шероховатости. Спиновые вентили. Принципы магнитозаписи.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Магнетизм

Цель дисциплины:

- изучение физики магнитоупорядоченных сред: ферро-, ферри - и антиферромагнетиков;
- изучение статистической физики магنونного газа и его взаимодействие с внешними полями; формализма среднего поля и методов определения его точности;
- изучение задач, связанных с динамикой изолированных спинов; эффекта Ландау-Зенера и некоторых эффектов, важных для физики ядерного магнитного резонанса.

Задачи дисциплины:

-познакомить студентов с основными понятиями и идеями в этой области, с постановкой задач и подходами к их решениям. Предполагается, что прослушав этот курс, студенты смогут читать и понимать текущую научную периодику в этой области.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия по теме дисциплины.

уметь:

- пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования, решать задачи по теме дисциплины.

владеть:

- математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

Темы и разделы курса:

1. Обменное взаимодействие.

Спиновая природа спонтанной намагниченности (замораживание орбитального момента). Гамильтониан Гайзенберга. Магнитоупорядоченные диэлектрики: ферро-, антиферро- и ферримагнетики.

2. Магнитодипольное взаимодействие.

Размагничивающие факторы. Кристаллографическая анизотропия.

3. Доменная структура в ферромагнетиках.

Оценка размеров полосковых доменов.

4. Магноны в магнетиках.

Роль магнитодипольного взаимодействия в низкочастотной части спектра. Магноны в антиферромагнетиках. Оценка квантовых поправок к спонтанной намагниченности при низких температурах.

5. Низкотемпературная термодинамика ферромагнетиков.

Газ невзаимодействующих магнонов. Статические и динамические продольные и поперечные корреляторы и восприимчивости. Расходимости магнонных чисел заполнения в двумерных магнетиках в отсутствие внешнего поля.

6. Взаимодействие магнонов.

Гамильтониан магнон-магнонного взаимодействия в ферромагнетиках (трех- и четырехчастичные слагаемые).

Кинетическое уравнение и оценка магнонных времен релаксации.

7. Магнетики в переменных внешних полях.

Ферромагнитный резонанс и параметрическая неустойчивость магнонов.

8. Магнетики с сильной одноосной анизотропией.

Классическая модель Изинга. Приближение среднего поля и последовательное вычисление поправок к нему для модели Изинга при конечной температуре в ферромагнитной фазе (подход Вакса-Ларкина).

9. Метод функционального интеграла для квантовых магнетиков.

Изложение метода. Примеры применения.

10. Ферромагнетизм в металлах.

Косвенный обмен: РККИ -- цепочка.

11. Магнитные примеси в металлах.

Высшие порядки теории возмущений в кинетике. Эффект Кондо и оценка температуры перехода в непроводящую фазу.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Математические основания квантовой механики

Цель дисциплины:

дать студентам основы знаний в области математических оснований квантовой механики.

Задачи дисциплины:

научить студента свободно пользоваться понятиями квантовой теории вероятностей, прояснить вероятностный смысл спектральной теоремы, показать принципиальное отличие квантовой теории вероятностей от классической.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

вероятностный смысл спектральной теоремы.

уметь:

работать с дробным преобразованием Фурье.

владеть:

способами расчетов квантовых корреляций.

Темы и разделы курса:

1. Меры на решетке ортогональных проекторов. Теорема Глисона.

Структурное описание мер для гильбертовых пространств размерности больше двух.

2. Проекторозначные меры. Положительные операторнозначные меры. Теорема Наймарка о дилатации.

Представление произвольных мер в виде проекции спектральных.

3. Аксиоматика Макки квантовой механики. Квантовые состояния и измерения.

Сопоставление паресостояние, измерение распределения вероятностей на прямой.

4. Проекторы как квантовые события. Квантовые состояния, ассоциированные с мерами на проекторах.

Тройка Колмогорова в квантовой вероятности.

5. Измерения, ассоциированное с наблюдаемыми (самосопряженными операторами) в силу спектральной теоремы.

Осуществление измерений с помощью проекторозначных мер.

6. Пространство волновых функций $L^2(\mu)$, ассоциированных с квантовой наблюдаемой. Формула Борна. Случай квантовых наблюдаемых, являющихся линейными комбинациями операторов координаты и импульса.

Случай однократного спектра и существования циклического вектора.

7. Квантовые случайные величины. Рандомизация. Теорема Холево об общем виде измерения.

Операторозначные меры как рандомизированные случайные величины.

8. Соотношение неопределенностей Шредингера-Робертсона для измерений с конечными вторыми моментами.

Ограничения на ковариацию в некоммутативной теории вероятностей.

9. Тензорные произведения гильбертовых пространств. Составные квантовые системы. Сцепленные и сепарабельные состояния.

Определение и свойства сцепленных состояний. Разложение Шмидта.

10. Классические и квантовые корреляции. Неравенство Белла-Клаузера-Хорна-Шимони. Граница Цирельсона.

Сравнение классических и квантовых корреляций.

11. Квантовые каналы передачи информации. Разложение Крауса.

Общий вид вполне положительных отображений. Неединственность представления.

12. Кодирование и декодирование классической и квантовой информации.

Классическая и квантовая информация. Кодирование и измеряющие каналы.

13. Линейные пространства, состоящие из ограниченных операторов в гильбертовом пространстве. Теорема об общем виде некоммутативного операторного графа, ассоциированного с квантовым каналом.

Операторные пространства и системы. Их отличия.

14. Квантовые коды, исправляющие ошибки. Квантовые антиклики.

Возможность безошибочной передачи информации.

15. Квантовая суперактивация.

Свойства операторных графов относительно взятия операции тензорного произведения.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Математический аппарат общей теории относительности

Цель дисциплины:

научить студентов использовать математические методы дифференциальной геометрии для решения задач в области ОТО

Задачи дисциплины:

- о познакомить студентов с основными понятиями и положениями тензорного анализа и римановой геометрии, необходимыми для формулировки и решения задач ОТО
- о научить формулировать на математическом языке ОТО физические задачи взаимодействия частиц и физических полей с гравитационным полем; познакомить с главными методами решения этих задач.
- о дать приобрести первоначальные навыки в решении основных типов задач ОТО.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия и теоремы тензорного анализа и римановой геометрии, необходимые для формулировки и решения задач ОТО.

уметь:

- формулировать на математическом языке физические задачи взаимодействия частиц и физических полей с гравитационным полем; применять главные методы решения этих задач.

владеть:

- первоначальными навыками в решении основных типов задач ОТО.

Темы и разделы курса:

1. Принципы построения теории гравитации и её экспериментальная проверка

Принципы построения теории гравитации. Систематика Дике. Принцип эквивалентности, его экспериментальная проверка. Классические тесты ОТО: отклонение лучей света полем Солнца, запаздывание радиосигналов, прецессия перигелия Меркурия. Дальнейшие проверки: Лунный эксперимент Этвеша, пульсар в двойной системе, регистрация гравитационных волн от слияния черных дыр детектором LIGO-VIRGO.

2. Уравнение геодезической и уравнения Максвелла в гравитационном поле

Пример применения принципа эквивалентности: действие для частицы в гравитационном поле. Метрика. Уравнение движения материальной точки. Ньютоновский предел и связь гравитационного потенциала с метрикой. Действие для электромагнитного поля и уравнения Максвелла в гравитационном поле. Уравнение Максвелла в гравитационном поле. Правила построения гравитационной физики из принципа эквивалентности.

3. Ковариантная производная. Символ Кристоффеля

Символ Кристоффеля. Связь символа Кристоффеля с метрикой. Вывод уравнения геодезической из уравнения прямой. Изменение символа Кристоффеля при замене системы отсчета. Ковариантная производная и ее свойства. Уравнение геодезической в общей параметризации и аффинные параметры.

4. Тензор Римана и его свойства

Тензор Римана. Единственность тензора Римана как тензора, линейно зависящего от вторых производных. Алгебраические свойства тензора Римана. Подсчет независимых компонент тензора Римана в n -мерном пространстве. Тензоры Риччи, Эйнштейна, Вейля. Количество их компонент. Вид скалярных инвариантов, построенных из тензора Римана и метрики.

5. Физические эффекты кривизны

Физические эффекты кривизны. Параллельный перенос. Обнос по замкнутому контуру. Коммутатор ковариантных производных. Уравнение девиации геодезических.

6. Нелокальные свойства тензора Римана. Тождества Бьянки

Нелокальные свойства тензора Римана. Теоремы о равенстве нулю тензора Римана и тензора Вейля. Тождества Бьянки.

7. Векторы и операторы. Оператор кривизны

Операторы в римановой геометрии. Векторы и операторный язык. Коммутатор. Оператор кривизны. Операторный вывод уравнения девиации геодезических.

8. Перенос Ли и производная Ли

Конгруэнция гладких кривых. Физическая необходимость процедур переноса тензоров. Перенос Ли. Перенос Ли и производная Ли. Определение производной Ли через процедуру переноса тензоров. Формула для производной Ли в компонентах. Свойства производной Ли. Тождество для коммутатора производных Ли.

9. Перенос Ферми-Уокера

Перенос ортонормированного сопутствующего базиса без вращения. Перенос Ферми-Уокера и его свойства. Перенос гироскопа. Прецессия Томаса. Сравнение 3-х видов переноса: параллельного, Ли, Ферми-Уокера.

10. Одновременность и синхронизация в ОТО

Одновременность в ОТО. Понятие одновременности событий. Условие синхронизации часов и его физический смысл.

11. Гауссова нормальная система координат

Понятие гиперповерхности. Гауссова нормальная система координат. Степени свободы систем координат, векторных полей и конгруэнций.

12. Интегрирование в кривом пространстве. Теоремы Стокса

Интегрирование в кривом пространстве. Теоремы Стокса. Метрика на гиперповерхности одновременности.

13. Вектора Киллинга и их свойства

Вектора Киллинга и их свойства Изометрия и вектор Киллинга. Уравнение Киллинга. Свойства векторов Киллинга. Векторы Киллинга. Свойство 2-й производной вектора Киллинга. Вектора Киллинга и законы сохранения.

14. Внешняя кривизна

Внешняя кривизна Индуцированная метрика и внешняя кривизна на гиперповерхности Симметрия внешней кривизны. Тензор внешней кривизны в произвольном базисе. Его связь с производной Ли проекционного оператора, с ускорением кривой по нормали к гиперповерхности. Вычисление внешней кривизны в частных случаях Внешняя кривизна поверхности постоянного времени.

15. Уравнения Гаусса-Кодацци. Действие Эйнштейна Уравнения Эйнштейна с веществом

$3+1$ разбиение с помощью Гауссовой нормальной системы координат. Уравнения Гаусса-Кодацци.

Общий вид действия для гравитации. Действие Эйнштейна. Формулы для вариаций различных входящих в него величин. Варьирование гравитационного действия. Уравнения Эйнштейна. Проблема вариации на границе. Поверхностный член и его вариация. Тензор энергии-импульса. Уравнения Эйнштейна с веществом. Лямбда-член.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Математическое моделирование и вычислительные методы

Цель дисциплины:

Освоение студентами методов математического моделирования физических процессов и схем численной реализации этих моделей.

Задачи дисциплины:

- Обучение студентов базовым численным методам: численное интегрирование, дискретизация обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных, методы решения линейных и нелинейных систем и др.
- Освоение студентами навыков построения численных схем, обладающих свойствами устойчивости и аппроксимации.
- Ознакомление студентов с широко распространенными математическими моделями физических процессов на примере задач подземной фильтрации и переноса примесей в пористых средах.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основы математического моделирования;
- современные концептуальные подходы к описанию физических явлений;
- подходы к построению моделей сплошных сред;
- принципы построения устойчивых численных алгоритмов, обладающих необходимой точностью;
- основные методы дискретизации обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных;
- численные методы, используемые при моделировании физических процессов на компьютере;
- принципы работы современных расчетных кодов для моделирования гидрогеологических процессов.

уметь:

- строить математические модели сложных, взаимосвязанных физических процессов;
- осуществлять переход от теории, математической модели, к прикладной модели – численной;
- использовать для решения задач современное программное обеспечение;
- реализовывать на современных вычислительных средствах требуемые численные модели;
- выбирать наиболее эффективные и устойчивые вычислительные методы.

владеть:

- методиками построения оценок сложности алгоритмов;
- стандартными методами численного решения дифференциальных и алгебраических задач.
- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы на ПК, в том числе в среде корпоративной сети и Интернета;
- культурой постановки и моделирования физических задач;

Темы и разделы курса:**1. Вычислительные методы.**

1. Проблемы точности и погрешности вычислений.
2. Методы численного решения ОДУ.
3. Алгебраическая интерполяция функций. Ортогональные многочлены.
4. Квадратурные формулы в одном, двух и трех измерениях.
5. Методы решения систем линейных уравнений: прямые и итерационные.
6. Методы решения нелинейных уравнений.
7. Базовые методы дискретизации по пространству: методы конечных разностей, конечных элементов, конечных объемов.

2. Математическое моделирование.

1. Наиболее часто встречающиеся уравнения математической физики: физические основы, их вывод. Математические модели физических процессов.
2. Модель насыщенной фильтрации.

3. Модель адвективно-диффузионного переноса.
4. Модель насыщенно-ненасыщенной фильтрации.
5. Концепции построения моделей фильтрации и переноса в сильно неоднородных средах с переменной насыщенностью.
6. Моделирование гидрогеологических процессов в коде GeRa, техники визуализации результатов моделирования.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Матрица плотности и кинетика квантовых систем

Цель дисциплины:

дать студентам знания о методах матрицы плотности для описания квантовых статистических систем. Матрица плотности позволяет описывать открытые квантовые системы и наиболее адекватно описывать эволюцию нестационарных состояний и релаксационные процессы. Аппарат матрицы плотности необходим для построения теории квантовых вычислений и квантовых измерений и представляется одним из основных методов для теоретического описания квантовых технологий.

Задачи дисциплины:

- формулировка квантовой механики на языке матрицы плотности;
- изучение смешанных и запутанных состояний с помощью матрицы плотности;
- построение кинетических уравнений для описания релаксационных процессов в динамических подсистемах;
- применение матрицы плотности для систем с дискретным спектром;
- формулировка основных приближений для построения кинетических уравнений.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- принципы описания квантовых систем с помощью матрицы плотности;
- основные подходы для описания релаксационных процессов в квантовых системах;
- описание унитарной и неунитарной эволюции квантовых систем;
- основные кинетические уравнения для матрицы плотности систем с дискретным спектром.

уметь:

- вычислять различные физические величины с помощью матрицы плотности;
- определять применимость кинетических уравнений для описания различных квантовых систем;

- определять кинетические коэффициенты, определяющие релаксационные процессы в квантовых системах.

владеть:

- аппаратом матрицы плотности для определения физических величин квантовых систем;
- методами матрицы плотности для описания кинетических процессов в квантовых системах.

Темы и разделы курса:

1. Основные свойства матрицы плотности

Дается определение матрицы плотности и ее связь с состоянием квантовой системы. Вводится понятие чистых и смешанных состояний. Описание открытых квантовых систем. Рассматриваются основные свойства матрицы плотности, уравнение эволюции для матрицы плотности.

2. Запутанные состояния

Вводится понятие сепарабельности для матрицы плотности сложных систем. Отличие сепарабельных и запутанных состояний. Критерии сепарабельности, матрица плотности Вернера и критерий Переса-Городецких.

3. Функция Вигнера и матрица плотности

Вводится понятие функции Вигнера и устанавливается ее связь с матрицей плотности. Значение функции Вигнера для квантовой оптики. Уравнение Мойала для функции Вигнера.

4. Спиновая матрица плотности

Примеры матрицы плотности. Двухуровневая система и ее связь с кубитом. Вектор поляризации, сфера Блоха.

5. Неприводимые тензорные операторы

Свойства оператора момента, сложение моментов, коэффициенты Клебша-Гордана и $3j$ -символы Вигнера. Углы Эйлера и матрица поворота, матричные элементы и D -функции Вигнера. Понятие неприводимых тензорных операторов, их свойства. Теорема Вигнера-Эккарта. Эффективный и спиновый гамильтониан.

6. Представления матрицы плотности

Томографическое представление квантовой системы, томограмма и матрица плотности. Применение томографического представления для описания сигналов. Понятие ортогональных операторов как системы базисных векторов. Представление матрицы плотности в виде разложения по ортогональным операторам.

7. Редуцированная матрица плотности и релаксационные уравнения

Сложные системы, редуцированная матрица плотности. Теория возмущений для матрицы плотности. Динамическая подсистема и термостат. Кинетическое уравнение для матрицы

плотности. Приближение коротких времен корреляции, вывод обобщенного кинетического уравнения. Уравнения Блоха и Паули как следствие обобщенного кинетического уравнения. Феноменологическое уравнение ГКЛС и его связь с обобщенным кинетическим уравнением.

8. Метод моментов, спектральная форма линии. Тензор релаксации

Спектральная форма линии тензор релаксации. Метод моментов. Однородное и неоднородное уширение линии.

9. Эффекты резонанса в спиновых системах

Квантовая система в переменном периодическом поле. Сведение задачи к двухуровневой. Матрица плотности двухуровневой системы в условиях резонанса. Радиочастотное поле как инструмент управления состояниями кубитов. Квазипересечение уровней энергии, особенности эволюции матрицы плотности в условиях двух близких уровней энергии. Резонанс на квазипересечении уровней (Avoided cross-level resonance).

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Матричные модели

Цель дисциплины:

Формирование у студентов навыков работы с матричными моделями, широкого кругозора в этой предметной области, достаточного для понимания и решения актуальных научных задач.

Задачи дисциплины:

Обучение студентов основным принципам и методам работы с матричными моделями и их деформациями, и тем самым в подготовка студентов к ведению исследований в тех областях теоретической физики и математики, где применяется инструментарий матричных моделей.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Основные принципы работы с матричными моделями, а также их (q,t) -деформациями, соответствующие модели и абстракции.

уметь:

Эффективно использовать на практике теоретические понятия, решать базовые задачи, связанные с соответствующими понятиями матричных моделей и их (q,t) -деформаций.

владеть:

Основными методами работы с матричными моделями и их (q,t) -деформациями.

Темы и разделы курса:

1. Тождества Уорда

Определение матричных моделей. Вывод тождеств Уорда в основных матричных и собственнозначных моделях.

Рекурсивное решение тождеств Уорда. Ограничения, вызванные негауссовостью, фаза Дайкграфа-Вафы.

2. Представление в виде W -операторов

Определение W -представления. Вывод W -представления Эрмитовой матричной модели, тау-функции гурвицевского типа, модели БГВ.

3. Разложение по характерам

Определение разложения по характерам. Вывод разложения по характерам в ряде $\beta=1$ матричных моделей.

Связь с интегрируемостью.

4. Разложение по родам

Определение разложения по родам. Вывод разложения по родам в Эрмитовой матричной модели.

Распределение Вигнера. Спектральная кривая и оператор вставки петли.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Машинное обучение в физике конденсированного состояния

Цель дисциплины:

Ознакомление студентов с основными алгоритмами машинного обучения и примерами их применения с целью последующего использования при решении различного рода задач в физике конденсированного состояния.

Задачи дисциплины:

- Ознакомление студентов с основными понятиями и алгоритмами машинного обучения для решения задач классификации и регрессии.
- Приобретение практических знаний по областям и способам применения методов машинного обучения в различных аспектах физики конденсированного состояния.
- Изучение основных библиотек, в которых реализованы различные алгоритмы машинного обучения, а также решение задач с их помощью по поиску взаимосвязей между структурой и свойствами твердых тел.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Алгоритмы работы основных методов машинного обучения в решении задачи классификации и регрессии.

уметь:

Формулировать задачу так, чтобы ее можно было решить с помощью методов машинного обучения; подобрать оптимальный для решения конкретной задачи алгоритм машинного обучения; извлекать признаки из разнородных данных и строить зависимости между структурой и свойствами материала.

владеть:

Навыками работы с основными библиотеками, в которых реализованы различные алгоритмы машинного обучения (scikit-learn, tensorflow и др.); навыками качественного решения задачи по поиску взаимосвязей в разнородных данных.

Темы и разделы курса:

1. Введение в машинное обучение и основные библиотеки python.

Что такое машинное обучение? Постановка задачи машинного обучения, классификация алгоритмов согласно решаемым задачам. Знакомство с библиотеками Python, содержащими большое количество полезных инструментов: от быстрых операций с многомерными массивами до визуализации и реализации различных математических методов (numpy, scipy, matplotlib, pandas).

2. Линейные модели в машинном обучении.

Изучение одного из основных способов решения задач машинного обучения — предсказание с помощью линейных моделей. Оптимизация параметров алгоритма и их применение в различных задачах регрессии и классификации. Возникновение проблемы переобучения и способы борьбы с ней. Кросс-валидация как оценка способности алгоритма давать хорошие предсказания на новых данных. Разбор основных метрик качества линейных моделей.

3. Ядерные методы и композиции алгоритмов.

Изучение методов опорных векторов и kernel ridge regression. Разбор метода решающих деревьев. Композиции алгоритмов как метод борьбы с переобучением: случайный лес и бустинг.

4. Нейронные сети.

Структура нейронной сети и методы оптимизации ее параметров. Метод обратного распространения ошибки. Борьба с переобучением нейронных сетей.

5. Глубокое обучение и сверточные сети.

Основы методов глубокого обучения. Описание некоторых алгоритмов, в том числе сверточных сетей и автокодировщика. Анализ изображений с помощью методов глубокого обучения.

6. Методы понижения размерности и матричные разложения.

Переход в признаковое пространство меньшей размерности. Отбор наиболее важных признаков и создание новых на основе исходных. Метод главных компонент. Матричные разложения как способ понижения размерности и восстановления пропущенных значений в матрицах и построения рекомендательных систем.

7. Кластеризация и поиск аномалий.

Алгоритмы машинного обучения без учителя. Поиск внутренних закономерностей в данных, определение наиболее важных признаков и кластеризация объектов по схожести. Основные методы кластеризации. Методы поиска объектов, которые далеки от имеющихся в обучающей выборке (аномалий).

8. Основные библиотеки для работы с алгоритмами машинного обучения.

Обзор таких библиотек, как scikit-learn, tensorflow и keras. Решение некоторых примерных задач с помощью данных библиотек.

9. Основы теории функционала плотности и методов компьютерного дизайна материалов.

Введение в теорию функционала плотности и методы поиска структуры материалов по их химическому составу. Постановка задачи необходимости использования методов машинного обучения для ускорения таких методов.

10. Построение межатомных потенциалов взаимодействия с помощью алгоритмов машинного обучения.

Необходимость использования межатомных потенциалов в решении задачи молекулярной динамики. Недостатки наиболее часто используемых потенциалов. Построение потенциалов на основе алгоритмов машинного обучения: GAP, MTP, FM и другие. Примеры их использования.

11. Методы информатики материалов, поиск взаимосвязей между структурой и свойствами.

Поиск взаимосвязей между структурой и свойствами материалов с помощью методов химической информатики. Предсказание предела выносливости сталей, ширины запрещенной зоны, термоэлектрического коэффициента добротности и других свойств с помощью методов информатики материалов.

12. Другие задачи физики конденсированного состояния, решаемые с помощью методов машинного обучения.

Направленный поиск новых материалов с помощью методов машинного обучения.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Машинное обучение для физиков

Цель дисциплины:

Целью освоения дисциплины являются формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков по основам машинного обучения, овладение студентами инструментарием, моделями и методами машинного обучения, а также приобретение навыков исследователя данных. Данный курс стремится охватить как базовые так и более продвинутые концепции, а также помочь понять здравый смысл, лежащий в основе столь популярных в наши дни технологий искусственного интеллекта. Ориентируясь на междисциплинарный подход к этим методам продемонстрировать его, начиная с моделей мышления, которые ученые расширили на протяжении веков, до подходов к оптимизации и к практическому примеру анализа квантовых систем. Познакомить с основными направлениями и алгоритмами машинного обучения: глубокое обучение, сверточные нейронные сети, компьютерное зрение, временные ряды, генеративные модели, автокодировщики, нейродифференциальные уравнения и методы оптимизации.

Задачи дисциплины:

Познакомить студентов с методами и задачами машинного обучения и научить применять полученные знания в будущих исследованиях.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

ключевые понятия, цели и задачи использования машинного обучения; методологические основы применения алгоритмов машинного обучения.

уметь:

самостоятельно выбирать метод машинного обучения, соответствующий исследовательской задаче, интерпретировать полученные результаты.

владеть:

навыками самостоятельного обучения, чтения и анализа академической литературы по применению методов машинного обучения, построения и оценки качества моделей.

Темы и разделы курса:

1. Введение в машинное обучение

Данная тема является вводной. В ней студенты познакомятся с предпосылками зарождения искусственного интеллекта, а также с примерами задач машинного обучения и возможными направлениями дальнейшего развития.

2. Оптимизация (методом градиента)

В данной теме студенты узнают о базовых задачах оптимизации, о градиентном спуске и методе Ньютона и применяют полученные знания в практической задаче.

3. Глубокое обучение: Основы

В данной теме студенты узнают, что из себя представляет нейронная сеть, познакомятся с ее математическим аппаратом. Узнают какие задачи можно решать с помощью глубоких нейронных сетей и как их тренировать.

4. Метрики, дилемма смещения-дисперсии: тестирование гипотез

В данной теме студенты познакомятся с метриками оценки качества алгоритмов регрессии и классификации, узнают о проблеме смещения и дисперсии, поймут, как можно бороться переобучением, а также научатся тестировать гипотезы.

5. Глубокое обучение: нейросети для изображений

В данной теме студенты познакомятся со сверточными сетями, узнают, в чем их преимущество при работе с изображениями по сравнению с обычными нейронными сетями и попробуют применить полученные знания на практике.

6. Глубокое обучение: нейросети для последовательностей

В данной теме студенты узнают, что такое рекуррентные нейронные сети, какие бывают архитектуры, какие задачи можно решить с их помощью.

7. Глубокое обучение: Введение в задачи обучения без учителя

В данной теме студенты узнают о том, какие задачи решаются с помощью обучения без учителя и какие алгоритмы, основанные на нейронных сетях применимы для решения таких задач.

8. Архитектура компьютерного зрения

В данной теме студенты познакомятся с одним из направлений задач глубокого обучения без участия учителя - компьютерным зрением. Узнают какие задачи могут быть решены с его помощью: распознавание объектов, сегментация, генерация, анализ видео.

9. Временные ряды / последовательности

В данной теме студенты узнают, что из себя представляют временные ряды, познакомятся с методами анализа и прогнозирования.

10. Структуры графов

В данной теме студенты познакомятся с графовыми нейронными сетями, узнают об областях их применимости и применят полученные знания на практике.

11. Кластеризация

В данной теме студенты познакомятся с еще одним видом машинного обучения без учителя - кластеризацией, изучат алгоритмы и метрики оценки качества алгоритмов кластеризации.

12. Автокодировщики

В данной теме студенты познакомятся со специальной структурой нейронных сетей, позволяющей применять обучение без учителя - автокодировщиком. Узнают о его архитектуре, принципах работы и области применения.

13. Генеративно-сопоставительные сети (GAN)

В данной теме студенты познакомятся с еще одним алгоритмом машинного обучения без учителя, построенного на комбинации двух нейронных сетей - GAN. Студенты разберутся в архитектуре GAN, используемых методах и решаемых с их помощью задачах.

14. Улучшенные GAN

В данной теме студенты познакомятся с архитектурой улучшенных GAN, узнают об их преимуществах.

15. Потоки (flows)

В данной теме студенты узнают, что такое нормализующие потоки, для чего они нужны и где используются.

16. Детекция аномалий. Глубокая детекция аномалий с учителем

В данной теме студенты областью машинного обучения, которая называется детекцией аномалий, узнают сферы применения и познакомятся популярными подходами для изучения аномалий.

17. Методы оптимизации

В данной теме студенты познакомятся методами не градиентной оптимизации, узнают, какие задачи можно решить с ее помощью.

18. Введение в обучение с подкреплением

В данной теме студенты познакомятся с еще одной ветвью машинного обучения наравне с методами МО с учителем и без учителя - обучением с подкреплением. Узнают, в чем их принципиальное отличие. Познакомятся с основной концепцией и задачами, которые здесь решаются.

19. Введение в суррогатные модели

В данной теме студенты познакомятся с суррогатными моделями, узнают об их предназначении и о том, какие задачи они помогают решать.

20. Обучение признакам

В данной теме студенты познакомятся с набором техник, позволяющих автоматически обнаружить представления, необходимые для выявления признаков или классификации

сырых данных - обучение признакам, а также узнают о задачах, решаемых с помощью этих техник.

21. Нейральные системы обыкновенных дифференциальных уравнений

В данной теме студенты познакомятся с тем, что называется нейральными системами ОДУ, узнают о задачах и области их применимости.

22. Выводы на основе моделирования

Данная тема является заключительной для данного курса и направлена на выработку у учащихся навыков проведения анализа и составления выводов на основе проведенного моделирования.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Мера и интеграл Лебега

Цель дисциплины:

Изучение аппарата и методов функционального анализа, которые широко применяются для решения современных задач математической физики, квантовой механики, теории экстремальных задач, оптимального управления, и др.

Задачи дисциплины:

Изучение меры и интеграла Лебега, и пространств интегрируемых по Лебегу функций.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные конструкции теории меры и интеграла Лебега, свойства измеримых и интегрируемых по Лебегу функций; конструкции и свойства пространств интегрируемых по Лебегу в степени p функций; свойства преобразования Фурье функций, абсолютно интегрируемых или интегрируемых с квадратом на вещественной оси; дифференцируемость почти всюду неопределённого интеграла Лебега и свойства абсолютно непрерывных функций.

уметь:

применять основные теоремы теории меры, измеримых функций и интеграла Лебега, использовать свойства преобразования Фурье интегрируемых или интегрируемых с квадратом на вещественной оси функций и свойства абсолютно непрерывных функций в задачах анализа и теории функций; работать в пространствах интегрируемых по Лебегу в степени p функций.

владеть:

техникой и инструментами теории меры, измеримых функций и интеграла Лебега, основными идеями, заложенными в её ключевые конструкции, и их приложениями в задачах анализа и теории функций.

Темы и разделы курса:

1. Измеримые по Лебегу множества и мера Лебега в \mathbb{R}^n

Рассматриваются различные семейства подмножеств и их свойства: полукольца, кольца, алгебры, сигма-алгебры. Рассматриваются свойства порождённых сигма-алгебр, в том числе борелевской сигма-алгебры. Рассматриваются абстрактные внешние меры, обсуждаются их свойства, в том числе теорема Каратеодори. Рассматривается теорема Витали о тонком покрытии и её приложения в математическом анализе. Обсуждается пример неизмеримого множества.

2. Измеримые функции в \mathbb{R}^n

Рассматриваются общие свойства измеримых отображений абстрактных измеримых пространств, а также их конкретные примеры. Основное внимание уделяется борелевским функциям, а также функциям измеримым по Лебегу. Рассматриваются примеры неизмеримых функций. Обсуждается понятие образа меры под действием измеримого отображения.

3. Интеграл Лебега измеримых функций в \mathbb{R}^n

Доказываются основные теоремы о предельном переходе под знаком интеграла: лемма Фату, теорема Леви, теорема Лебега об ограниченной сходимости. Рассматриваются разные виды сходимости измеримых функций и их взаимосвязи: сходимость почти всюду, сходимость по мере и сходимость в среднем. Связь интеграла Лебега с интегралом Римана.

4. Пространства интегрируемых по Лебегу в степени p функций

Доказываются неравенство Минковского и неравенство Гёльдера. Доказывается полнота пространства интегрируемых по Лебегу функций. Обсуждаются различные приближения интегрируемых функций. Доказывается неравенство Йенсена.

5. Комплексные меры и дифференцирование по мере

Рассматриваются знакопеременные меры. Обсуждается понятие полной вариации, доказывается теорема Хана о разложении меры на положительную и отрицательную части. Доказывается теорема Радона–Никодима. Рассматривается разложение Лебега произвольной меры на абсолютно непрерывную и взаимно сингулярную части.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Метод Монте-Карло в ядерной физике

Цель дисциплины:

Изложение метода Монте-Карло применительно к задачам о взаимодействии частиц с веществом. Формирование базовых навыков использования пакетов программ GEANT4 и ROOT для моделирования ядерно-физических экспериментов и анализа полученных результатов. Формирование математической культуры, исследовательских навыков и способности применять знания на практике

Задачи дисциплины:

- Изложение некоторых разделов теории вероятностей и математической статистики, необходимых для метода Монте Карло;
- Основные алгоритмы моделирования случайных величин с заданным законом распределения
- Некоторые типичные задачи моделирования ядерно-физических процессов и регистрации результатов
- Работа с данными в программном пакете ROOT
- Построение модели ядерно-физического эксперимента в пакете GEANT4

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

понятия теории вероятностей и математической статистики, используемые в методе Монте-Карло; основные приемы моделирования случайных величин с заданным законом распределения; физические приближения, принятые при моделировании взаимодействия частиц с веществом и ядерных реакций при высоких энергиях; основные структуры данных пакета ROOT, структуру простой модели эксперимента в пакете GEANT4

уметь:

строить простейшие математические модели процессов взаимодействия частиц на языке программирования используя теоретические знания, построить простую модель ядерно-физического эксперимента с использованием пакета GEANT4, обработать результаты эксперимента и графически их представить с использованием пакета ROOT, делать

правильные выводы из сопоставления результатов расчётов и эксперимента, видеть в прикладных задачах физическое содержание.

владеть:

навыками самостоятельной разработки компьютерных программ, навыком освоения большого количества информации, навыками постановки научно-исследовательских задач в области взаимодействия частиц с веществом, навыками работы в пакетах GEANT4 и ROOT

Темы и разделы курса:

1. Введение в метод Монте-Карло

Что такое метод Монте-Карло. Прохождение частиц через вещество, взаимодействие адронов и ядер со сложными макроскопическими мишенями. Моделирование ядерных реакций в эксклюзивном и инклюзивном подходе. Пакеты программ применяемые в данной предметной области: FLUKA, GEANT4, MARS, MCNPX, PHITS, SHIELD

2. Методы моделирования случайных величин с заданным законом распределения

Генерация на компьютере случайных величин с заданным законом распределения. Равномерно распределенная случайная величина. Датчики псевдослучайных чисел. Метод обратных функций для непрерывного и дискретного распределений. Табличный метод обратных функций. Методы отбора, эффективность метода отбора, существенная выборка. Моделирование многомерных случайных величин. Метод суперпозиции. Моделирование некоторых важных распределений.

3. Некоторые типичные задачи моделирования в ядерной физике

Изотропное направление в пространстве. Моделирование азимутального угла методом отбора. Преобразование углов рассеяния к исходной лабораторной системе. Облучение сложного объекта космическим излучением. Связь числа испытаний Монте-Карло с реальным временем облучения. Моделирование профиля поперечного сечения пучка ускорителя. Моделирование многократного кулоновского рассеяния и энергетического страгглинга заряженных частиц.

4. Моделирование многочастичных процессов

Необходимые формулы релятивистской кинематики. Фазовый объем системы частиц. Фазовый объем двух частиц. Рекуррентная формула для фазового объема n частиц. Представление фазового объема в переменных (M, \square) . Алгоритм моделирования процесса $a+b \rightarrow 1+2+\dots+n$.

5. Основы работы на удаленном сервере с операционной системой Linux

Соединение с сервером через протокол ssh. Основные команды терминала в Linux. Права доступа. Редакторы кода.

6. Введение в пакет ROOT

Что такое ROOT. Код на языке C++. Основные структуры данных. Деревья. Встроенные генераторы случайных чисел и функции получения случайных величин с различными законами распределения.

7. Основы обработки данных и представления результатов в пакете ROOT

Загрузка данных из файла. Построение и фитирование распределений. Поиск пиков. Статистический анализ.

8. Введение в пакет GEANT4

Что такое GEANT4. Области его применения. Примеры моделирования некоторых экспериментов.

9. Структура программы классы в GEANT4

Структура программы в GEANT4. Этапы моделирования. Основные классы. Описание геометрии эксперимента. Описание источника излучения. Получение информации с детектора. Визуализация моделирования. IDE QtCreator. Управление процессом моделирования через графический интерфейс. Скрипты с командами. Сборка и запуск программы.

10. Физический модели в GEANT4

Наборы физических моделей. Выбор подходящей модели для описания конкретного эксперимента. Создание своего набора физических процессов.

11. Создание простой модели эксперимента в GEANT4

Написание программы для моделирования опыта Резерфорда в GEANT4. Формирование выходных данных. Анализ результатов.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Методика эксперимента в физике частиц

Цель дисциплины:

знакомство студента с основными детекторами, лежащими в основе физических установок в области физики ядра и элементарных частиц. Создание необходимой базы для дальнейшего изучения и анализа экспериментальных установок. Получение навыков экспериментальной работы, необходимых для проведения исследований по НИР.

Задачи дисциплины:

- ознакомление студента с основными типами детекторов элементарных частиц;
- получение начальных практических навыков работы с этими детекторами.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- эффекты, возникающие при прохождении частиц через вещество;
- основные типы детекторов элементарных частиц, их устройство и принцип работы.

уметь:

- оценивать потери энергии частицы при прохождении детектора и его отклик;
- работать с основными типами детекторов.

владеть:

опытом работы с основными детекторами.

Темы и разделы курса:

1. Введение.

Ионизационные потери.

Флуктуация ионизационных потерь.

Многokратное рассеяние.

2. Взаимодействие излучения с веществом.

Прохождение электронов и фотонов. Черенковское и тормозное излучение. Ядерное взаимодействие.

3. Сцинтилляционные счетчики.

Неорганические сцинтилляторы.

Органические сцинтилляторы.

Сбор света.

Фотодетекторы.

Лабораторные работы «сцинтилляционный счетчик с органическим сцинтиллятором» и «детектирование гамма-квантов с помощью кристалла LYSO».

4. Полупроводниковые детекторы.

Малошумящие усилители. Создание обедненной зоны. Кремниевые микростриповые детекторы. Полупроводниковые дрейфовые детекторы. Приборы с зарядовой связью. Пиксельные детекторы. Фотодетекторы. Германиевые γ -детекторы.

Лабораторная работа «кремниевый стриповый детектор».

5. Газовые детекторы.

Первичная ионизация.

Дрейф заряда в электрическом и магнитном полях.

Газовое усиление.

Образование сигнала.

Пропорциональные камеры.

Дрейфовые камеры.

Времяпроекционные камеры.

Лабораторная работа «дрейфовая камера».

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Методы анализа диссипативных структур в открытых системах

Цель дисциплины:

Целью дисциплины «Методы анализа диссипативных структур в открытых системах» является формирование базовых знаний о физических процессах, происходящих в открытых системах, для дальнейшего использования в научно-исследовательской работе, а также других областях физического знания, и дисциплинах естественнонаучного содержания; формирование культуры аналитических исследований физических процессов, исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины:

Задачами учебной дисциплины являются - формирование базовых знаний о процессах в открытых системах; – формирование культуры исследования физического объекта; – формирование общего научного подхода к изучению физических процессов; – формирование умений и навыков применять полученные знания для решения физических задач, самостоятельного анализа полученных результатов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Способы оценки сложности объекта или процесса;
- основные понятия теории диссипативных структур;
- принципы анализа системы на устойчивость.

уметь:

- Определять основные эффекты и модельные соотношения для описания различных процессов в открытых системах;
- применять изученные модели для аналитического описания открытых диссипативных систем;
- находить возможные способы диагностики процессов и экспериментальной проверки моделей;

– применять динамическую энтропию первого пересечения для анализа коллоидных плазменных систем.

владеть:

– Навыками количественной оценки влияния различных эффектов, исходя из качественного представления о конкретных процессах, происходящих открытых системах.

Темы и разделы курса:

1. Сложность. Способы оценки сложности объекта или процесса

Классификация С. Ллойда. Сложность как энтропия. Сложность как длина алгоритма. Сложность как логическая глубина. Сложность как термодинамическая глубина. Статистическая сложность. Сложность как степень иерархии. Сложность как фрактальная размерность. Определение фрактальной размерности, методы её вычисления.

2. Динамическая энтропия первого пересечения (MFPT-энтропия) и её применение для анализа коллоидных плазменных систем

Энтропия Колмогорова-Синяя и её связь с ($\square\square\square$)-энтропией в единицу времени. Динамическая энтропия первого пересечения (MFPT-энтропия). Вычисление фрактальной размерности траектории с помощью MFPT-энтропии. Применение MFPT-энтропии к анализу коллоидных плазменных систем.

3. Основные понятия теории диссипативных структур: типы систем, структура, энтропия

Открытая, закрытая и замкнутая система. Производство энтропии: введение понятия времени в термодинамику. Термодинамика открытых систем. Текущее равновесие. Условия термодинамического равновесия замкнутой системы и текущего равновесия открытой системы. Понятие структуры. Типы структур. Диссипативные структуры и необходимые условия их формирования. Кинетический фазовый переход.

4. Устойчивость и нелинейность. Фазовое пространство

Поиск стационарных решений, исследование их на устойчивость. Фазовое пространство. Виды особых точек на примере системы с двумя степенями свободы. Анализ динамической системы с одной степенью свободы. Поиск стационарных состояний и исследование их на устойчивость. Исследование на устойчивость системы нелинейных дифференциальных уравнений первого порядка с двумя неизвестными. Анализ непрерывной динамической системы. Поиск стационарных состояний и исследование их на устойчивость. Критерии устойчивости по Ляпунову. Теоремы устойчивости Ляпунова.

5. Эффект Бенара

Уравнения гидродинамических полей. Гидродинамические неустойчивости: эффект Бенара, неустойчивость Марангони. Теория эффекта Бенара.

6. Теорема Пригожина

Производство энтропии. Условие равновесия и эволюции открытой системы – теорема Пригожина. Область применимости теоремы Пригожина. Условие стационарности равновесного состояния (условие текущего равновесия).

7. Процессы отбора в молекулярных системах

Конкурентные реакции. Биополимеры как носители структуры. Динамические модели отбора.

8. Модель отбора цепных молекул. Принципы протекания процесса эволюции

Стохастические неограниченные модели отбора. Возникновение “сложности” в математической модели процесса отбора цепных молекул.

9. Формирование структур Тьюринга

Реакционно-диффузионная модель. Пример: перемещение особей в пределах ареала обитания. Модель “хищник-жертва”. Примеры приложения реакционно-диффузионных моделей.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Методы и технологии программирования физических приложений на графических процессорах

Цель дисциплины:

- изложение основ организации параллельных вычислений на вычислительных системах различных архитектур – кластерные вычислительные системы и графические процессоры общего назначения (GPU-GP);
- краткое введение в систему OpenMP;
- изложение технологии программирования MPI и CUDA. Излагаются методы организации параллельных вычислений на конкретных задачах математической физики.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области параллельных вычислений для моделирования и анализа физических процессов переноса излучений и газов на основе решения кинетического уравнения Больцмана;
- обучение студентов основным методам и подходам, используемым для разработки параллельных солверов для решения уравнений математической физики;
- формирование подходов, основанных на различных методах организации параллельных вычислений MPI, CUDA, OpenMP.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- принципы и методы программирования графических процессоров общего назначения, организации параллельных вычислений.

уметь:

- разрабатывать программные коды на графических процессорах для численного решения кинетического уравнения.

владеть:

- методами компьютерного моделирования газокинетических процессов, методами разработки проблемно-моделирующих сред на современных суперкомпьютерных системах.

Темы и разделы курса:

1. Использование глобальной памяти GPU.

Методы согласованного доступа к данным, профилирование программ на GPU и оптимизация.

Использование константной памяти.

2. Использование системы распараллеливания OpenMP. Методы организации программ на C++ и CUDA.

Использование системы распараллеливания OpenMP.

Методы организации программ на C++ и CUDA, применение систем сборки.

Основные технологии распараллеливания для научных расчетов.

3. Проведение расчетов на графических картах на платформе Nvidia CUDA.

Проведение расчетов на графических картах на платформе Nvidia CUDA. Отличия расчетов на графических картах от расчетов на CPU. Ограничения на длину числа с плавающей точкой. Ограничение на ветвление. Поиск оптимальной загрузки графического процессора. Различные типы памяти.

4. Разделяемая память GPU.

Разделяемая память GPU, использование разделяемой памяти для оптимизации.

5. Распараллеливание программ с использованием MPI.

Распараллеливание программ с использованием MPI. Методы для передачи данных, методы для синхронизации процесса выполнения между процессами.

6. Распараллеливание разностных схем для схем разного порядка.

Распараллеливание разностных схем для схем 1-го порядка. 2-го порядка. TVD схемы.

7. Создание многопоточных программ с использованием pthreads на языке C++.

Методы синхронизации, блокировки, мьютексы. Основные средства межпроцессного взаимодействия (IPC) – разделяемая память, FIFO, сигналы.

Стратегии разбиения расчетной задачи на части между процессами.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Методы изготовления квантовых устройств

Цель дисциплины:

- знакомство студентов с современной технологией, применяемой для изготовления различных квантовых устройств, в частности, сверхпроводящих квантовых цепей. Кроме того, в рамках курса студенты получают базовые знания о принципах работы и методах расчета таких устройств.

Задачи дисциплины:

1. Изучение принципов работы сверхпроводящих квантовых систем, включающих в себя потоковые и зарядовые кубиты.
2. Изучение решений уравнений, описывающих динамику квантовых систем и принципов управления такими системами.
3. Знакомство с численными методами расчета динамики квантовых систем.
4. Изучение программного обеспечения, необходимого для расчетов квантовых систем.
5. Освоение основных технологических процессов, необходимых для создания квантовых систем.
6. Изготовление устройства (зарядового кубита, связанного с резонатором).

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Принципы работы сверхпроводящих кубитов и основные уравнения описывающие их динамику. Физические основы технологических процессов, используемых в процессе изготовления сверхпроводящих квантовых цепей.

уметь:

Рассчитывать параметры сверхпроводящих квантовых устройств, в частности, кубитов и резонаторов, решать уравнения, описывающие такие устройства и оценивать параметры их динамики. Создавать дизайны устройств для решения конкретных экспериментальных задач, пригодные для изготовления.

владеть:

Микроэлектронными технологиями, применяемыми при изготовлении сверхпроводящих квантовых устройств. Программным обеспечением, необходимым для создания сверхпроводящих квантовых устройств.

Темы и разделы курса:

1. Введение в квантовые вычисления. Кубиты и гейты.

Отличия квантовых вычислений от классических. Кубиты, квантовые регистры, операции.

2. Уравнения, описывающие динамику зарядовых и потоковых кубитов. Приближенные решения.

Сверхпроводящие кубиты. Гамильтонианы зарядовых и потоковых кубитов. Спектры.

3. Двухуровневая система в резонаторе. Управление состоянием кубитов.

Взаимодействие кубитов с классическим полем. Осцилляции Раби.

4. Кубит в резонаторе.

RWA приближение, модель Джейнса-Каммингса. Дисперсионный режим и методы чтения состояния.

5. Динамика связанных кубитов, выполнение логических операций.

Связи между кубитами. Техническая реализация. Выполнение логических операций в физических системах. Методы оценки точности.

6. Физические реализации сверхпроводящих квантовых систем.

Физические свойства и технологии изготовления квантовых битов на основе сверхпроводниковых джозефсоновских переходов. Кубит типа трансмон, отличие от CPB.

7. Основы методов изготовления устройств.

Методы изготовления устройств – литография, напыление, травление.

8. Знакомство с технологическими установками.

1. Электронно-лучевой литограф Crestec CABL-9000.

2. Напылительная установка Plassys MEB-500.

3. Оптический литограф Heidelberg MLA100.

4. Плазмохимическая установка Corial 200IL.

5. Плазмохимическая установка Trion Minilock.

6. Напылительная установка Torr.

9. Лабораторная работа по изготовлению устройства.

Фабрикация сверхпроводящей микроструктуры на чипах.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Методы измерений в физике низких температур

Цель дисциплины:

Курс ставит перед собой цель дать студентам знания и навыки, которые станут базовыми и необходимыми при продолжении самостоятельного исследования. К таким навыкам относятся: знание правил грамотного обращения с образцами и подготовки их к измерениям (монтаж, разводка электрических контактов); понимание принципов работы основных узлов экспериментальной установки и умение при необходимости выявлять возникающие проблемы; умение подключать и настраивать измерительную аппаратуру, в частности управлять ей при помощи компьютера; сохранение и обработка данных измерений, автоматизация процесса обработки.

У студента должен сформироваться правильный образ экспериментальной науки и появиться базовый аппарат, который позволит быстро включиться в работу лаборатории и самостоятельно находить пути решения поставленных научным руководством задач и, в перспективе, ставить такие задачи самостоятельно.

Задачи дисциплины:

- Получение студентами базовых знаний, необходимых для экспериментального исследования;
- Ознакомление с принципами работы оборудования и правилами обращения с ним;
- Формирование целостного взгляда на процесс экспериментального исследования и ознакомление с максимально возможным спектром полезных в данной сфере понятий и моделей;
- Подготовка студентов к самостоятельной работе над научной задачей, необходимой для успешного написания дипломной работы.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

правила работы в научной лаборатории, правила эксплуатации технического и измерительного оборудования, общие принципы проведения эксперимента в области физики низких температур; список основных трудностей при постановке прецизионного эксперимента в физике низких температур.

уметь:

самостоятельно разбираться с принципами работы измерительного и технологического оборудования, собирать измерительные схемы, анализировать экспериментальные данные на предмет особенностей, обусловленных постановкой эксперимента, приводить способ объяснения таких особенностей.

владеть:

техниками транспортных измерений при низких (сверхнизких) температурах в магнитных полях; работой с ПО для разработки чертежей и численной обработки большого количества данных.

Темы и разделы курса:**1. Введение. Понятие «измерение». Единицы измерения**

Сходства и отличия прикладной науки и фундаментальной. Введения понятия «измерение», виды измерений, прямые и косвенные. Единицы и системы единиц. Определение базовых единиц измерения, история и современные тенденции привязки их к фундаментальным величинам. Взаимосвязь разных систем единиц и сферы их использования.

2. Методы и ошибки измерений. Чувствительность измерительной аппаратуры. Шумы и помехи

Ограниченная точность любого измерения – погрешность измерений. Различие истинного и измеренного значений физической величины. Систематические и случайные погрешности. Чувствительность измерительной аппаратуры. Порог чувствительности. Разрешающая способность. Чувствительность к форме сигнала и нелинейность измерительных систем. Пределы измерений и динамический диапазон. Мостовые схемы для расширения диапазона. Мост Уитстона. Измерительная система, для того, чтобы получить информацию об измеряемом объекте, как правило, отбирает у него часть энергии, возмущая измеряемый объект, что приводит к ошибкам в измерении. Согласование импеданса источника (образца) и приемника. Пассивные и активные конверторы импеданса.

3. Структура измерительных систем. Измерительные датчики

Зависимость структуры измерительной системы от свойств измеряемого объекта: активный или пассивный. Состав измерительной системы: блок преобразования сигнала, блок обработки, регистрации, индикации и управления. Виды и возможности измерительных датчиков. Ограничения использования датчиком при низкотемпературных и вакуумных измерениях.

4. Преобразование измеряемого сигнала

Идеальный операционный усилитель. Дифференциальный каскад как основа ОПУ. Синхронный усилитель (Lock-in Amplifier). Нелинейная обработка сигнала. Цифро-аналоговое и аналого-цифровое преобразование (ЦАП и АЦП). Зависимость необходимых преобразований от параметров эксперимента.

5. Экранирование линий передачи сигнала. Магнитные и электрические наводки

Методы экранирования электрических линий от внешних сигналов. Помехи и наводки, связанные с неправильным заземлением. Физическое заземление и нулевая фаза. Наводки от электрических кабелей питания. Магнитные и электрические наводки. Борьба с ними. Изолирующие трансформаторы и методы их безопасного включения и выключения. Оптоволоконные развязки сигналов и оптоволоконная связь компьютера с предусилительной аппаратурой.

6. Обмен информацией между измерительными приборами и компьютером

Способы подключения аппаратуры к компьютеру и их особенности. Интерфейсный канал в стандарте IEEE-488, RS232 и пр. Использование библиотека PyVisa (Python3) для автоматизации взаимодействия с измерительным оборудованием.

7. Связь измерительной аппаратуры с криогенными датчиками сигналов или криогенным объектом

Типы криогенных датчиков и их использование. Оптоволоконная связь, волноводы, световоды, провода, ВЧ/СВЧ кабели. Термо-эдс как источник помех. Методы избавления от термо-эдс. Специфика работы с криогенными объектами.

8. Насосы и вакуумная техника

Основные типы насосов и их устройство. Случаи и ограничения использования различных насосов. Основные требования к вакууму в криогенном эксперименте. Вакуумные уплотнения. Ввод линий передачи сигнала в криогенный объем. Соединения различных металлов, гермовводы, избавление от вносимых ими термоэдс, электрических утечек.

9. Устройство и использование дюаров. Устройство измерительных вводов в криостат

Устройство и использование сосудов Дьюара для хранения и транспортировки криогенных жидкостей. Правила использования дюаров и техника безопасности. Использование дюаров для быстрых низкотемпературных измерений. Измерительные вставки, их виды и устройство. Вакуумное уплотнение вводов в криостат, минимизация передачи тепла к образцу или объекту измерений. Охлаждаемые усилители, предусилители, конверторы импеданса. ВЧ фильтры.

10. Техника безопасности в лаборатории низких температур

Техника безопасности и правила поведения в лаборатории низких температур. Правила обращения с вакуумной и криогенной техникой. Правила обращения с электроприборами, особенности эксплуатации прецизионного измерительного оборудования. Правила обращения с криостатами, сосудами Дьюара и криогенными жидкостями. Основы хим. безопасности.

11. Техника ВЧ и СВЧ

Особенности проведения измерений при ВЧ и СВЧ. Специфика измерительного ВЧ и СВЧ оборудования. Волноводные, коаксиальные, полосковые линии. Резонаторы. Помещение образца в ВЧ или СВЧ резонатор. Измерение сдвига частоты или добротности резонатора. Измерения при помощи лазера. Оптические и СВЧ измерения.

12. Принципы обработки экспериментальных данных

Грамотная запись и хранение экспериментальных данных. Знакомство со средами обработки данных, основные принципы работы с ПО. Методы обработки и оптимизации больших наборов измерений. Сглаживание, Фурье-преобразование, фильтрация шумов. Быстрая оценка качества данных. Визуализация данных измерений, построение графиков. Правила и требования к графикам в научных статьях.

13. Основы создание чертежей и схем для экспериментального исследования

Знакомство с ПО для создания чертежей и схем. Правила оформления чертежей. Использование открытого ПО для нужд физического эксперимента.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Методы машинного обучения в астрофизике

Цель дисциплины:

Изучение методов машинного обучения для анализа данных в задачах астрофизики.

Задачи дисциплины:

- Знакомство с анализом данных методами машинного обучения, постановка задач и интерпретация результатов
- Освоение методов машинного обучения “с учителем” для задач классификации и регрессии
- Освоение методов машинного обучения “без учителя” для задач структуризации данных и поиска аномалий

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

методы машинного обучения «с учителем», и «без учителя» и примеры их применения в астрофизике

уметь:

применять методы машинного обучения для реальных задач регрессии, классификации и кластеризации в астрофизике

владеть:

инструментарием для решения задач с помощью программирования на языке python

Темы и разделы курса:

1. Введение в машинное обучение.

Понятие 'big data', задачи обработки данных: регрессия, классификация, кластеризация, поиск аномалий, обучение представлением, уменьшение размерности данных. Пример алгоритма машинного обучения – метод ближайших соседей.

2. Введение в анализ данных на Python.

Основные элементы и конструкции языка Python. Среда разработки jupyter notebook, документирование кода и представление результатов численных расчетов в воспроизводимом виде. Анализ данных и инструменты визуализации. Библиотеки numpy, pandas matplotlib.

3. Линейные модели регрессии и классификации.

Линейная регрессия. Метод наименьших квадратов. Оценка точности модели. Функция цены и метод градиентного спуска. Логистическая регрессия.

4. Деревья решений и метод ближайших соседей.

Как строится дерево решений. Энтропия Шеннона. Пример из библиотеки scikit-learn. Визуализация дерева решений.

5. Пример задачи классификации из астрофизики.

Подготовка данных. Метрики качества классификатора. Интерпретация результатов. Выбор параметров модели и кросс-валидация.

6. Ансамблевые методы 1.

Композиция алгоритмов. Бутстрэп-агрегирование. Случайный лес.

7. Ансамблевые методы 2.

Градиентный бустинг. Постановка задачи. Функциональный градиентный спуск. Алгоритм Фридмана. Пошаговый пример работы.

8. Нейронные сети прямого распространения.

Биологические нейронные сети. Персептрон. Многослойный персептрон. Обучение нейронных сетей. Алгоритм обратного распространения ошибки.

9. Оптимизация нейронных сетей

Проблема переобучения и методы регуляризации. Глубокие нейронные сети, проблема обнуления градиентов и способы борьбы с ней.

10. Сверточные нейронные сети

Анализ изображений. Операции свертки и масштабирования. Архитектура сверточных нейронных сетей.

11. Применение сверточных нейронных сетей

Примеры задач регрессии и классификации изображений из астрономии и астрофизики частиц.

12. Модификации сверточных нейронных сетей, используемые в астрофизике.

Операции свертки на прямоугольных решетках. Сверточные нейронные сети на сфере. Анализ направлений прихода космических лучей сверхвысоких энергий.

13. Рекуррентные нейронные сети

Регрессия на временных рядах. Рекуррентные нейронные сети; архитектура Long Short-Term Memory (LSTM), парадигма seq2seq

14. Применение рекуррентных нейронных сетей в астрофизике

Детектор гравитационных волн LIGO. Использование LSTM для прогнозирования фона и выделения сигнала о грав. волн

15. Кластеризация.

Постановка задачи. Методы кластеризации. Задача поиска аномалий.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Методы молекулярной и клеточной биологии

Цель дисциплины:

- освоение базовых методов, применяемых в современных биологических науках, изучающих структуру и функции белков; изучение их теоретических основ и применение на практических занятиях для дальнейшего использования универсальных технологий студентами в их будущей научной работе.

Задачи дисциплины:

- 1) Сформировать базовые знания по методам молекулярной и клеточной биологии, применяемым для изучения белков.
- 2) Изучить проблематику экспрессии и очистки рекомбинантного белка.
- 3) Изучить основные методы, используемые при изучении структурных и функциональных особенностей белков.
- 4) Освоить часть методов по экспрессии, выделению и очистке белков на практике.
- 5) Сформировать навыки и теоретическую подготовку для возможности применения знаний на различных объектах исследования.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные методы экспериментальной биофизики;
- методы оптической спектроскопии;
- методы малоуглового рассеяния;
- методы спектроскопии ЯМР и применение их в исследовании белков;
- методы масс-спектрометрии и использование их в протеомике;
- современные достижения в разработке методов экспериментальной биофизики.

уметь:

- применять приобретённые знания для анализа информации в современных литературных источниках;
- использовать результаты анализа литературы в своей практической деятельности.

владеть:

- умением систематизировать знания, полученные в процессе работы;
- навыками правильной постановки задач для решения сложных вопросов, связанных с изучением структуры и функций биологических мембран.

Темы и разделы курса:

1. Физико-химические свойства аминокислот и белков. Уровни структурной организации.

Генеральный путь (pipeline) от выбора целевого гена (и валидации мишеней) до дизайна лекарств. Физико-химические свойства аминокислот и белков. Уровни структурной организации. Особенности мембранных белков. Постановка задачи получения гомогенного препарата очищенного белка.

2. Виды экспрессионных систем.

Экспрессия в *E.coli*, yeast cells, insect cells, mammalian cells, cell free. Обзор. Достоинства и недостатки. Виды трансфекций. Достоинства и недостатки. Транзиентная (эписомальная) трансфекция.

Бакуловирусная система экспрессии в клетках насекомых (описание процесса).

Принцип и применения метода проточной цитофлуориметрии и клеточного сортирования. Спектр электромагнитного излучения: свойства и диапазоны.

3. Коллоидные растворы.

Коллоидные растворы, разбавленные и концентрированные, полимеров (ДНК, белки, ПЭГ), детергентов, липидов и их смесей. Солюбилизация. Основные детергенты, их ККМ, НЛВ, и особенности. Носители мембранных белков. Мягкие и жёсткие детергенты. Нанодиски, амфиполи, липосомы, бицеллы.

4. Машинерия экспрессии генов в клетках про- и эукариот.

Машинерия экспрессии генов в клетках про- и эукариот. Транскрипция, трансляция, посттрансляционные модификации, транспорт мембранных белков после трансляции у про- и у эукариот. Репликация, ориджин репликации, горизонтальный перенос, векторы для геной инженерии, группы совместимости плазмид, копияность плазмид. сайт-направленный мутагенез.

5. Методы лизиса.

Методы лизиса. Методы выделения гомогенного препарата белка. Понятие о хроматографии. Типичные хроматографические смолы, принципы выбора. Аффинные смолы. Принцип С-Р-Р. Нехроматографические методы: УЦФ в градиенте плотности,

избирательное осаждение СА, препаративный электрофорез в иммобилизованной и подвижной среде. Free-flow электрофорез.

6. Основные принципы иммунологии.

Основные принципы иммунологии. Антитела и их использование в биотехнологиях. Гибридомные технологии и моноклональные антитела. Иммуноблоттинг, аффинность. ELISA.

7. Методы стабилизации белка.

Методы стабилизации белка, лиганды, кросс-сшивающие реагенты, протеазы и их ингибиторы. Типы лигандов: агонисты, антагонисты, обратные агонисты. Biased signalling. Аллостерическая модуляция. Нанотела: их свойства и применения.

8. Функциональные тесты активности мембранных белков.

Функциональные тесты активности мембранных белков: классификация и виды. Patch-clamp, LASU, BLM. Thermal shift assay. Scintillation proximity assay. Спектроскопические методы. Принцип flash-photolysis. Изотермическая калориметрия титрования. Использование анизотропии поляризации лигандов. Основы плазмоники+SPR, MST, радиолигандный анализ, калориметрия (ИТС). Палитра клеточных тестов. Принцип Pump-probe эксперимента. Flash-photolysis. Alpha-technology, Delfia technology.

9. Кристаллизация белков.

Основные методы кристаллизации белков. Кубическая мезофаза и её свойства. Диффузия белков в ней, FRAP. Методы визуализации кристаллов. Элементы нелинейной оптики. SONICC. Методы исследования динамики белков. (19F-NMR, HDX).

10. Оптика и спектроскопия в биофизических экспериментах.

Оптика и спектроскопия в биофизических экспериментах. Конфокальная микроскопия, Spinning disk, PALM, SIM, STED, SOFI, Метод микроскопии полного внутреннего отражения TIRF, FLIP, FRET, 4Pi, PiFM (Photo induced Force Microscopy). AFM. Ближнепольная микроскопия.

High content screening.

11. Основы молекулярной спектроскопии.

Одна лекция: Основы молекулярной спектроскопии. Диаграмма Яблонского. Умение подробно описать все процессы. Виды переходов. Двухфотонная микроскопия. Генерация второй гармоники.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Методы оптической и лазерной спектроскопии

Цель дисциплины:

освоение студентами фундаментальных знаний и экспериментальных методов и приборов, используемых в научно-исследовательской работе в области квантовой радиофизики, оптической и лазерной спектроскопии, изучение способов создания экспериментальных установок для исследования физических процессов в конденсированном, газообразном состоянии вещества и плазмы, а также областей их практического применения.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области оптических измерений как дисциплины, интегрирующей общефизическую и общетеоретическую подготовку физиков и обеспечивающей технологические основы современных инновационных сфер деятельности;
- обучение студентов принципам создания оптических, лазерных, спектральных устройств, выявление особенностей их функциональных характеристик;
- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области оптических и фотоэлектронных измерений в рамках выполнения работ в учебных лабораториях и лабораториях базовых предприятий;
- активизация познавательного, исследовательского интереса учащихся и расширение научного кругозора студентов по актуальным разделам современной оптики.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Принципы построения и работы приборов оптической и лазерной спектроскопии.
- Принципы генерации когерентного оптического излучения и его взаимодействия с веществом.
- Схемы спектральных приборов и оптических резонаторов.
- Предельные возможности спектральных приборов по разрешающей и обнаружительной способности.
- Нестандартные методы исследования спектральных характеристик вещества.

уметь:

- Спроектировать схему измерения спектрометрических параметров излучения заданного объекта с точки зрения достижения наилучшей чувствительности и разрешающей способности.
- Выбрать параметры лазерного резонатора для получения нужных характеристик генерации.
- Оптимизировать работу стандартных спектральных приборов.
- Работать с фотоприемниками в различных режимах для достижения наилучших результатов измерения.
- Сочетать различные приемы и методы при регистрации спектров источников света для измерения его различных параметров.
- Провести цифровую компьютерную обработку и анализ результатов.

владеть:

- Методами юстировки, коллимации, измерения разрешающей способности, глубины резко изображаемого пространства.
- Методами расчета систем спектральных приборов.
- Методами оценки качества реальных спектроскопических систем.
- Методами цифровой обработки оптических спектров.

Темы и разделы курса:**1. Источники оптического излучения.**

Тепловые источники излучения, Законы излучения и модели абсолютно черного тела. Излучение реальных источников: лампа накаливания, штифт Нернста, глобар, газоразрядные лампы, дуга, искра. Области использования. Спектральные и яркостные характеристики. Ширины линий излучения газоразрядных источников. Фото и электролюминесцентные источники. Квантовый выход, энергетическая эффективность, спектральный состав. Лазерные источники излучения. Основные характеристики: спектральный диапазон, направленность излучения, когерентность, ширина линий генерации, спектральная яркость. Сравнение тепловых и лазерных источников излучения.

2. Общие принципы построения спектральных приборов.

Структурная схема спектрального прибора с одномерной дисперсией. Формирование спектра в приборах с одномерной дисперсией. Уравнение Лангранжа-Гельмгольца. Параметры спектральных приборов: угловое увеличение, угловая и линейная дисперсия, аппаратная функция.

Дифракционные явления в спектральном приборе. Критерии разрешения спектральных линий. Разрешающая сила. Влияние ширины щели на аппаратную функцию спектрографа и монохроматора. Аподизация аппаратной функции. Истинный и наблюдаемый контуры спектральных линий. Уравнение свертки. Теорема о спектре свертки. Восстановление истинного контура. Частные случаи свертки для дисперсионных и (или) гауссовых контуров. Влияние фотоэлектронной схемы на зарегистрированный спектр.

Характеристики спектрального прибора для непрерывного спектра. Чистота спектра. Спектральный состав излучения на выходе монохроматора при непрерывном спектре.

Энергетические характеристики спектрального прибора. Светосила по освещенности и по потоку.

3. Призма как диспергирующий элемент.

Основные характеристики призмы как диспергирующего элемента. Угловая дисперсия, разрешающая способность призмы. Угловое увеличение призмы. Призменный телескоп в селективном лазерном резонаторе. Поглощение и поляризующее действие призмы. Астигматизм. Кривизна спектральных линий в призмном спектральном приборе. Разрешающая способность призмных спектральных приборов. Материалы для дисперсионных призм. Характеристики систем из нескольких одинаковых призм.

Типы призм и схемы призмных спектральных приборов. Двойные призмные монохроматоры. Многощелевые монохроматоры.

4. Дифракционная решетка.

Представления о пространственном Фурье-разложении. Понятие об угловом спектре плоских волн. Применение пространственного Фурье - разложения к решению задачи о дифракции на плоском экране. Дифракционная решетка: формирование спектра плоской периодической решеткой. Основная формула решетки. Аппаратная функция. Характеристики решетки: угловая дисперсия, область дисперсии, разрешающая сила. Дифракционная решетка с треугольным профилем штриха – эшелетт, распределение энергии по углам, „угол блеска". Голографические дифрешетки. Основные схемы приборов с плоскими дифракционными решетками. Спектрографы со скрещенной дисперсией. Дифракционные монохроматоры. Двойные дифракционные монохроматоры.

Вогнутые дифракционные решетки. Теория вогнутой дифракционной решетки. Схема установки вогнутой решетки. Круг Роуленда. Спектроскопические характеристики, астигматизм. "Духи" и рассеянный свет в спектрах дифракционных решеток. Сравнение призмного и дифракционного спектральных приборов.

5. Интерферометр Фабри-Перо.

Устройство и принцип действия интерферометра и эталона Фабри-Перо. Распределение интенсивности в интерференционной картине. Аппаратная функция интерферометра, её параметры и их зависимость от параметров интерферометра. Спектроскопические характеристики интерферометра: угловая и линейная дисперсия, область дисперсии, разрешающая способность. Светосила интерферометра. Сканирование спектра в

интерферометре. Сферический интерферометр. Сложный интерферометр или мультиплекс.

Сравнение дифракционного спектрографа и интерферометра Фабри-Перо.

6. Лазерная спектроскопия.

Принципиальная схема лазерных резонаторов. Критерии возникновения генерации в плоском резонаторе. Схемы лазерных резонаторов. Перестройка частоты. Нелинейные эффекты при воздействии мощного лазерного излучения.

7. Фурье – спектрометры.

Основные принципы Фурье-спектроскопии. Аппаратная функция, разрешающая способность, светосила Фурье-спектрометра. Аподизация аппаратной функции. Теорема Котельникова. Дискретизация интерферограммы, использование ЭВМ. Преимущества Фурье-спектрометра. Схема построения Фурье-спектрометра.

8. Оптическое гетеродинирование.

Принцип действия оптического гетеродина. Спектральное преобразование при гетеродинировании. Согласование фронтов сигнальной волны и гетеродинного источника. Разрешающая способность оптического гетеродина. Пороговая чувствительность метода оптического гетеродинирования. Кольцевой лазер и лазерный гироскоп.

9. Приемники оптического излучения.

Общие характеристики приемников оптического излучения. Квантовые и тепловые фотоприемники. Фотоэлементы. Фотоумножители: аналоговый режим и режим счета фотонов. Фоторезисторы. Фотодиоды: фотовольтаический и фотодиодный режимы работы. Лавинные фотодиоды. Приборы с зарядовой связью, матричные фотоприемники. Болومتر. Термопарный, пироэлектрический и оптико-акустический фотоприемники.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Методы современной квантовой теории в ЯМР

Цель дисциплины:

Целью курса является приобретение студентами базовых знаний и навыков практических расчетов в области ЯМР. Сопутствующей целью является углубление компетенций в квантовой механике и статистической физике.

Задачи дисциплины:

Задачей является выведение студентов на уровень, необходимый для начала работы над исследовательскими проектами, связанными с ЯМР, и для дальнейшего самостоятельного изучения литературы по предмету.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основы ЯМР;
- связь между теоретическими концепциями и экспериментами.

уметь:

- производить базовые расчеты и оценки для задач спиновой динамики.

владеть:

- знаниями, необходимыми для чтения и понимания специализированной литературы по предмету, а также проведения самостоятельных расчетов.

Темы и разделы курса:

1. Основы ЯМР в формализме современной квантовой теории

1 Введение в ЯМР; основные понятия, обзор.

Макроскопическое описание магнитного резонанса. Линейный отклик. Функции релаксации.

2 Спин $\frac{1}{2}$, сфера Блоха, равновесная поляризация и матрица плотности. Выпуклое множество состояний квантовой системы, связь между чистым и смешанным состояниями, очищение состояний. Особенности множества состояний для систем большой размерности.

3 Анализ множества состояний системы спинов. Чистые состояния, кодировка состояния в вектор разложения по базису Паули, особенности для систем большой размерности. Поиск критерия положительности.

Поляризация спинов; актуальные проблемы ЯМР. Поляризация в сложных молекулах. Уравнения спиновой динамики для составных систем.

4 ЯМР в жидкостях. Особенности и отличия от твердотельных аналогов. Спиновый гамильтониан диамагнитной молекулы. Диполь-дипольная релаксация, релаксация обусловленная динамикой молекулы в растворе.

Количественное описание спиновой динамики.

Качественный анализ влияния примесей и прочих факторов.

5 Методы управления спиновыми системами.

Анализ взаимодействия спиновой системы с внешним полем. Аналитическое решение для одиночного спина. Численные методы для построения динамики сложных молекул.

6 Методы градиентного спуска в управлении спиновыми системами. Нахождение оптимальной последовательности импульсов для управления системой.

7 Квантовые отображения, динамика спина. Метод матричного отображения для описания динамики спина. Геометрическая интерпретация. Понятие о томографии состояния и канала.

8 Квантовые вычисления на ЯМР. Система спинов как квантовый процессор. Анализ решенных задач и теоретических возможностей ЯМР.

2. Алгоритмическое охлаждение и томография

1 Алгоритмическое охлаждение. Постановка задачи, анализ современных методов. Partner pairing algorithm как простейший метод решения алгоритмического охлаждения.

2 Алгоритмическое охлаждение, применение методов, анализ общих алгоритмов. Доказательство теоремы об оптимальном охлаждении системы из трех спинов. Детали алгоритмов, особенности применения при различных конфигурациях времен релаксации и констант связи в молекулах.

3 Примеры работы со спектрометром ЯМР. Изучение возможностей и особенностей имеющегося оборудования.

Анализ измерений, составление квантовой наблюдаемой. Сигналы в реальных установках. Введение в обработку сигнала. Связь с алгоритмическим охлаждением.

3. Цифровая обработка сигналов

1 Обработка реального сигнала спектрометра. Теорема Котельникова. Аппроксимация с помощью гауссовых кривых. Аналитический анализ сигнала. Затухание в системе. Неоднородности поля в установке.

2 Задача квантовой томографии состояния квантовой системы в ЯМР. Вычисление оптимального набора измерений системы одного и двух спинов.

4. Презентация индивидуальных проектов

Возможные темы:

- Алгоритмическое охлаждение;
- Симуляция динамики сложных систем;
- Динамическое управление спиновыми системами;
- Обработка сигнала;
- Вычисление квантовых вентилей и разложение на последовательности импульсов;
- продвинутая томография.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Методы теоретической физики

Цель дисциплины:

Семестровый курс «Методы теоретической физики» читается студентам 2 курса, поступившим на программу «Теория фундаментальных взаимодействий и квантовая гравитация». Курс носит вводный характер и призван ознакомить слушателей с различными математическими методами, применяющимися в теории фундаментальных взаимодействий, подготовив их к систематическому изучению профильных дисциплин на старших курсах.

В курсе рассматриваются такие темы как регуляризация функциональных детерминантов, процедура Дирака–Бергмана, вычисления тензорных произведений с помощью диаграмм Юнга и др. Изложение сопровождается разбором большого числа конкретных примеров.

Задачи дисциплины:

- познакомить студентов с основными понятиями и идеями в этой области, с постановкой задач и подходами к их решениям. Предполагается, что прослушав этот курс, студенты смогут приступить к научно-исследовательской работе под руководством научных руководителей.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия по теме дисциплины.

уметь:

- пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования, решать задачи по теме дисциплины.

владеть:

- математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

Темы и разделы курса:

1. Невырожденные физические системы – лагранжев и гамильтонов формализмы

Классические физические системы и принципы их описания. Вариационный принцип, лагранжев и гамильтонов формализмы описания невырожденных систем. Конфигурационное и фазовое пространства, каноническая скобка Пуассона. Эквивалентность физических теорий.

2. Физические системы со связями. Процедура Дирака

Системы со связями в лагранжевом формализме. Переход к гамильтонову формализму в системах со связями, канонические импульсы, первичные связи. Процедура Дирака нахождения полного набора связей. Условия регулярности связей.

3. Связи I и II рода. Расширенный гамильтонов формализм

Функции I и II рода. Связи I и II рода. Эквивалентные гамильтонианы. Расширенный гамильтонов формализм. Эквивалентность первичной и расширенной формулировок. Состояния и наблюдаемые в системах со связями (предварительное обсуждение).

4. Геометрические свойства систем со связями

Пуассоновы структуры. Скобки Пуассона и Дирака. Предсимплектические и симплектические структуры. Гамильтоновы векторные поля. Геометрические свойства связей I и II рода. Поверхность связей II рода как симплектическое и пуассоново подмногообразие. Общий случай связей I и II рода. Канонические калибровочные преобразования. Калибровочная алгебра. Состояния в системах со связями I рода.

5. Динамические свойства систем со связями

Динамика и связи II рода. Динамика и скобка Дирака. Редукция по связям II рода. Сведение теорий со связями II рода к эквивалентным теориям со связями I рода. Динамические системы и гамильтоновы системы. Фазовый поток. Динамика и связи I рода. Фиксация калибровки и эквивалентные системы со связями II рода. Физические наблюдаемые в системах со связями I рода (продолжение обсуждения). Гипотеза Дирака. Произвол общего решения и калибровочные преобразования.

6. Калибровочная инвариантность в физических системах

Калибровочная инвариантность действия в расширенном гамильтоновом формализме. Калибровочная инвариантность (общее рассмотрение). Калибровочная инвариантность и уравнения движения. Тожества Нётер. Алгебраическая структура и свойства калибровочных преобразований. Тривиальные калибровочные преобразования. Генерирующий набор и орбиты калибровочных преобразований. Калибровочные симметрии при редукции от расширенного к первичному гамильтонову формализму. Калибровочные симметрии при редукции по вспомогательным переменным. Эквивалентность первичной и расширенной гамильтоновых систем.

7. Формализм БРСТ

Градуированное суперкоммутативное многообразие. Суперпуассонова структура и физические модели с грасмановыми переменными. Когомологии и дифференциальные формы. БРСТ генератор. Наблюдаемые и БРСТ когомологии. БРСТ-продолжение

гамильтоновых наблюдаемых. Действие в БРСТ формализме. БРСТ-ковариантность уравнений движения.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Методы экспериментальной физики

Цель дисциплины:

Целью курса является формирование базовых знаний по основам современных методов экспериментальной физики. В рамках курса рассматриваются общая теория измерительно-регистрирующих систем; приборы и методы исследований быстропротекающих процессов средствами радиоэлектроники и оптики, основные методы экспериментальной физики (фурье-оптика, спектроскопия, интерферометрия, зондирование электромагнитными волнами, рентгеновские и корпускулярные методы исследования, методы исследования свойств поверхности твердых тел), и, наконец, методы обработки и интерпретации результатов измерений. Задачи дисциплины заключаются в ознакомлении студентов с основными понятиями и методами экспериментальной физики и их аппаратной реализации, которые будут необходимы в любой физической лаборатории при постановке задач исследования, проведении экспериментов, обработке и анализе их результатов. Отдельной задачей курса является приобретение студентами навыков количественных оценок основных параметров, характеризующих методы и средства измерений в физическом эксперименте.

Задачи дисциплины:

- освоение студентами базовых знаний в области физических основ и методов экспериментальной физики;
- приобретение студентами знаний в области приложений методов экспериментальной физики;
- оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных экспериментальных исследований;
- приобретение навыков количественных оценок основных параметров, характеризующих методы и средства измерений.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные понятия и законы физики;
- теоретические основы современных методов экспериментальной физики;
- порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;

основные свойства приборов и оборудования, использующихся в экспериментальной физике.

уметь:

- применять физические и математические методы для описания работы приборов экспериментальной физики различного типа.
- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных, прикладных и технологических задач экспериментальной физики;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых экспериментальных результатов;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- грамотно формулировать экспериментальную постановку задачи.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- культурой постановки и моделирования задач в физическом эксперименте;
- навыками грамотной обработки результатов измерений и сопоставления их с теоретическими данными.

Темы и разделы курса:

1. Введение

Цель и содержание курса. Измерения в экспериментальной физике. Методы и виды измерений. Требования к достоверности экспериментальных данных и содержащейся в них информации с точки зрения восстановления параметров объекта исследования. Понятие об обратных задачах. Случайная величина. Основные статистические характеристики случайной величины. Функции распределения и плотности вероятности (Гаусса, равномерное, Пуассона, Стюдента). Случайная погрешность многократных измерений.

2. Основные свойства измерительно-регистрирующих систем

2.1. Линейные измерительно-регистрирующие системы, их важнейшие свойства. Стандартные сигналы, используемые для исследования линейных систем, их математические аналоги. Воздействие и отклик в линейных системах. Импульсный (временной) подход к изучению линейных систем. Аппаратная функция и связь входного и

выходного сигналов. Запись уравнения свертки для временных и пространственных сигналов. Дельта-функция и функция Хэвисайда.

2.2. Спектральное представление сигналов. Фурье-образ функции. Обратное преобразование Фурье (восстановление). Коэффициент передачи, амплитудно-частотная и фазово-частотная характеристики. Свойства преобразования Фурье. Спектры простых сигналов. Связь входного и выходного сигналов в фурье-пространстве. Коэффициенты передачи на примере RC цепочек. Неустойчивость решения при восстановлении входного сигнала по выходному. Аппаратная функция и коэффициент передачи. Линейные системы, не искажающие форму сигнала, "запаздывание". Особенности коэффициента передачи для четных вещественных функций. Связь длительности импульса и его спектральной ширины. Системы из многих элементов. Дискретизация. Теорема Котельникова. Сумматорная форма записи Фурье преобразований.

2.3. Методы измерения параметров измерительно-регистрирующих систем. Шум как случайный процесс. Автокорреляционные функции и их свойства. Методы измерения переходных характеристик и коэффициента передачи в радиотехнических устройствах. Методы измерения аппаратной функции и частотно-контрастной характеристики в оптических приборах. Коэффициент передачи в оптике.

2.4. Случайные погрешности измерений. Равновесные (тепловой, броуновское движение) и неравновесные (дробовой, генерационно-рекомбинационный, шум «1/f») шумы. Фильтрация шумов. Синхронное детектирование. Строблируемый интегратор.

3. Исследование импульсных процессов

3.1. Дискретизация и квантование. Ошибки дискретизации и квантования. Методы измерения временных интервалов. Генераторы тактовой частоты и дискриминаторы. Измерения временных зависимостей. Аналого-цифровые преобразователи, в т.ч. параллельные АЦП, последовательно-параллельные АЦП, АЦП последовательного счета, АЦП многотактного интегрирования. Цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП), в т.ч. ЦАП с суммированием напряжений, ЦАП с суммированием весовых токов.

3.2. Измерения импульсных токов, напряжений и потоков энергии, калориметры. Длинные линии. Способы борьбы с наводками в импульсных системах. Системы сбора данных, программно управляемые электронные устройства. Передача сигналов по кабелям и световодам.

3.3. Методы измерения формы и длительности импульсов фемтосекундного диапазона. Двухфотонная люминесценция. Генерация второй гармоники. Коллинеарная и неколлинеарная схемы ГВГ. Измерительные схемы FROG и SPIDER.

4. Фотоприемники и скоростная фоторегистрация

4.1. Определение качества оптических систем. Методы оптико-механической регистрации: фоторегистраторы и кадровые камеры. Фотоматериалы, характеристическая кривая фотослоя, светочувствительность, шумы.

4.2. Эмиссионные фотоприемники. Фотокатоды электронно-оптических преобразователей – спектральные свойства, квантовый выход, шумы. Скоростные коаксиальные фотодиоды.

Фотоумножители и их шумы. Электронно-оптические преобразователи. Разброс времени пролета и временное разрешение, формула Арцимовича.

4.3. Полупроводниковые фотоприемники. Приборы на основе внутреннего фотоэффекта. Фоторезисторы и их спектральная чувствительность. Фотодиоды. P-n-переход, вольтамперная характеристика фотодиода. Тепловые приемники (болометры, пироэлектрические фотоприемники). Понятие о тепловидении.

4.4. Шумы фотоприемников. Радиационный шум. Пороговые параметры фотоприемников. Порог чувствительности и обнаружительная способность фотоприемников. Предельные режимы работы фотонных приемников излучения. Режимы ограничения флуктуациями сигнала и фонового излучения.

4.5. Приборы с зарядовой связью. МОП-структура, ПЗС-матрицы и ПЗС-камеры. Принципы работы. Приборы с зарядовой инжекцией. Пространственное разрешение и частотно-контрастная характеристика ПЗС-камер. Фоточувствительные КМОП-матрицы.

5. Фурье-оптика и пространственная фильтрация

5. Фурье-оптика и пространственная фильтрация

5.1. Предмет Фурье-оптики – основные принципы. Дифракция света на транспарантах, роль линзы в Фурье-оптике. Получение Фурье-спектров изображений в аналоговых схемах. Фильтрация в Фурье-плоскости и оптическая обработка информации, опыт Аббе. Основные задачи фильтрации. Улучшение амплитудного контраста. Методы наблюдения фазовых структур (методы темного поля и фазового контраста, теневые методы). Подавление шумов.

5.2. Формирование заданной пространственной структуры световых пучков. Синусоидальные решётки. Дифракционные оптические элементы. Киноформы, фокусаторы. Коэффициент передачи репродукционного объектива. Диафрагмирование. Ближнепольная оптика.

6. Интерферометрические методы исследований

6.1. Оптические интерферометры. Интерферометр Майкельсона. Измерение малых перемещений. Эксперимент ЛИГО. Интерферометрические измерения скоростей. Схемы VISAR и PDV. Фурье-спектрометры - основные соотношения, аппаратная реализация, области применения, преимущества и недостатки. Аподизация.

6.2. Распространение электромагнитных волн в веществе. Показатель преломления и его зависимость от частоты. Измерения показателей преломления. Интерферометр Маха-Цендера. Чувствительность метода. Распределение интенсивности в интерференционной картине, влияние кривизны волнового фронта. Интерферометрические исследования осесимметричных объектов. Уравнение Абеля. Погрешности оптики. Обработка интерферограмм. Метод крюков Рождественского.

6.3. Методы регистрации качества оптических элементов и измерения искажений волновых фронтов.

7. Зондирование электромагнитными волнами

7.1. Просвечивание и рассеивание – интегральные и локальные измерения. Абсолютные и относительные измерения. Распространение электромагнитных волн в конденсированных средах, газах и плазме. Диэлектрическая постоянная. дисперсионное соотношение. Абсорбционная спектроскопия, определение плотности среды и других ее параметров. Поглощение в газах, плазме и конденсированных средах. Столкновительное и доплеровское уширение спектральных линий. Область использования оптической и микроволновой интерферометрии.

7.2. Упругое рассеяние электромагнитных волн в среде. Томсоновское, релеевское и резонансное рассеяние. Использование явлений рассеяния в методах измерений. Рассеяние света на движущихся электронах, уширение спектра рассеянного излучения при максвелловском распределении электронов по скоростям. Аппаратурная реализация метода томсоновского рассеяния. Требования к источникам света. Резонансная флуоресценция и методы лазерно-индуцированной флуоресценции (ЛИФ). Лазерные системы для создания и диагностики плотной плазмы.

7.3. Неупругое рассеяние электромагнитных волн. Бриллюэновское рассеяние, стоксовы компоненты. Рамановское рассеяние, коллективные явления в плазме и комбинационные частоты.

8. Рентгеновская измерения

8.1. Рентгеновская диагностика. Свойства рентгеновского излучения. Механизмы генерации рентгеновского излучения. Источники рентгеновского излучения. Лазерная плазма, Z- и X- пинчи, рентгеновские трубки, синхротроны, лазеры на свободных электронах.

8.2. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Регистрация рентгеновского излучения. Детекторы (открытые ФЭУ, сцинтилляторы, газовые счетчики, каналовые детекторы, полупроводниковые детекторы, ЭОПы). Методы измерения спектрального состава рентгеновского излучения при детектировании. Фильтры и методы поглотителей.

8.3. Спектрометры и монохроматоры с решетками и кристаллами. Оптика рентгеновских изображений. Камеры-обскуры и объективы с отражательной оптикой. Метод кодирующих апертур. Стандарты излучения и калибровка в рентгеновском диапазоне. Использование рентгеновских измерений в экспериментальной физике.

8.4. Эффект Мессбауэра и его применения

Резонансное поглощение γ -излучения. Применение эффекта Мессбауэра в различных областях физики. Оптический аналог эффекта Мессбауэра

9. Корпускулярные методы измерения

9.1. Масс-анализ в электрических и магнитных полях. Анализ заряженных и нейтральных частиц. Детекторы корпускулярного излучения, эффективность регистрации. Схемы

анализаторов. Пролетный масс-спектрограф, основные соотношения, разрешение, чувствительность.

9.2. Многоканальные магнитные анализаторы. Масс-спектрограф Томсона, методы регистрации парабол. Активные корпускулярные методы: "просвечивание", рассеяние, комбинированные методы.

10. Регистрация частиц и радиоактивных излучений

Дозиметрические измерения и дозиметрические единицы; коэффициенты, учитывающие влияние радиации на живые организмы, эквивалентная доза. Детекторы излучений. Некоторые применения радиоактивных излучений для диагностики сред. Позитронная аннигиляционная спектроскопия. Измерение ионной температуры плазмы по нейтронам измерениям.

11. Некоторые методы исследования поверхности твёрдых тел

Поверхности твердых материалов и наноразмерные материалы - особенности строения и свойств, проблемы изучения. Сканирующая зондовая микроскопия, атомно-силовая микроскопия, фотоэлектронная спектроскопия, Оже-электронная спектроскопия

12. Методы обработки результатов измерений

Понятие модели. Методы сопоставления модели с экспериментальными данными. Косвенный характер экспериментальных данных и обратные задачи, восстановление исходных сигналов. Первичная обработка экспериментальных данных. Методы усреднения экспериментальных данных. Фильтрация. Погрешности восстановленных сигналов. Квазиреальные эксперименты – методы, цели, решаемые задачи.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Механика полета в задачах космического эксперимента

Цель дисциплины:

Целью дисциплины является овладение компетенциями, необходимыми для постановки задач космических экспериментов, относящихся к решению задач проектирования необходимых для этого траекторий полёта, которые могут быть реализованы с использованием соответствующих орбитальных манёвров и других операций из области динамики космического полёта.

Задачи дисциплины:

Основными задачами дисциплины является предоставление набора инструментов, которые позволяют получать ответы на вопросы, связанные с возможностями применения приборов космического эксперимента в условиях ограничений со стороны механики полёта и систем управления космическим аппаратом, а также доступных космических технологий. В состав задач, возникающих в текущем моменте, входят и проблемы планирования физического эксперимента с учётом технических ограничений, которые в значительной мере диктуются возможностями практической реализации требуемых сценариев полета.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

базовые принципы механики космических полётов

уметь:

анализировать _возможности построения сценариев и траекторий космических миссий

владеть:

методами проектирования экспериментов в космосе в части выбора траекторий и управления движением космическими аппаратами, а также методами обработки результатов физических измерений с использованием навигационных параметров

Темы и разделы курса:

1. Введение

В качестве вводной части курса планируется изложение истории небесной механики в общем виде и ее части, относящейся к фазе развития в ее современном виде, когда космические полеты стали повседневной реальностью и, таким образом, небесная механика стала частью физических экспериментов, а космическое пространство – лабораторией для их выполнения. Поэтому содержащаяся в этом разделе информация включает в себя изложение этапов развития ракетной техники и направления индустрии, включающей в себя отрасли, необходимые для разработки и создания космических комплексов, в которые входят не только космические аппараты, но и необходимые для их функционирования наземные комплексы. В этой части курса на примерах реальных событий показывается, как развитие технологий расширяло возможности космических экспериментов и какие перспективы в этом плане ожидаются в обозримом будущем.

2. Ракетно-космическая техника

Отдельная часть посвящена описанию ракетно-космической техники. Сюда включены составляющие комплекса, такие как ракеты-носители, стартовые комплексы для них, даются их характеристики и состав ограничений при эксплуатации. Приводятся разъяснения по системам ракет-носителей, в том числе двигательным установкам, системам управления движением, телеметрическим и командным системам, комплексам траекторных измерений, как бортовым так и наземным. Аналогичный состав сведений приводится для космических аппаратов в зависимости от задач, которые планируется решать с помощью устанавливаемых на них приборов. Рассматривается задача выведения полезной нагрузки на орбиту искусственного спутника Земли и далее. На основании формулы Циолковского излагаются методы оценки выводимого полезного груза в зависимости от конструктивных характеристик ракеты и эффективности ее двигателя, топлива и параметров орбиты. Анализируются различные типы двигателей: химические, электроракетные, газореактивные и с ядерным источником энергии с точки зрения наиболее эффективных областей их применения. Рассматриваются устройства для управления ориентацией космических аппаратов в зависимости от назначения и областей применения.

3. Задачи околоземных полетов

Миссии в околоземном пространстве анализируются в плане их оптимального выбора по способам доставки на требуемую орбиту и последующего поддержания полета на этой орбите. В этой связи рассматриваются низкие почти круговые орбиты, в том числе, орбиты для пилотируемых полетов, относящиеся к так называемым почти круговым орбитам. Рассматривается эволюция параметров этих орбит под влиянием отклонения гравитационного поля Земли от центрального, а также в силу воздействия притяжения Солнца, Луны и аэродинамических сил со стороны атмосферы. Специально анализируются случаи движения по солнечно-синхронным орбитам, экваториальным геостационарным и орбитам, используемым для задач навигации (Глонасс и GPS). Излагаются приближенные методы расчетов движения по почти круговым орбитам для случаев проектных оценок, в том числе для определения необходимых затрат топлива для оптимального поддержания орбиты. В рамках решения аналогичной задачи даются подходы к описанию относительного движения группы аппаратов на низких околокруговых орбитах, в том числе для управления сближением и стыковкой аппаратов или проектирования маневров уклонения от их столкновения. В составе описания картины воздействующих на аппарат сил приводятся используемые модели атмосферы Земли с характеристиками их точности и

пределов применимости для прогноза движения спутника. Приводятся методы оценки времени существования спутника на орбите вплоть до его входа в ее плотные слои и алгоритмы для расчета необходимых корректирующих маневров с целью удержания аппарата на орбите.

4. Почти круговые и высокоэллиптические орбиты

В составе решения задач движения по низким почти круговым околоземным орбитам рассматривается задача предотвращения засорения космического пространства. В этой связи анализируются требуемые международными правилами технологии запуска аппаратов в космическое пространство. Излагаются методы планирования выведения космических аппаратов на орбиту с учетом всего цикла их жизни, т.е. обеспечения их безопасного возвращения на Землю по окончании эксплуатации. Аналогичные подходы описываются для высокоэллиптических орбит спутников Земли с учетом того, что в этих случаях доминирующую роль в эволюции их орбит играют возмущения со стороны гравитационного поля Луны и Солнца. Излагаются методы проектирования высокоэллиптических орбит с заданным временем баллистического существования и эволюции их параметров в приемлемых для экспериментов пределах. В качестве инструмента для проведения необходимого анализа и планирования операций управления приводятся приближенные законы движения аппаратов, позволяющие проводить быстрые оценки пределов допустимых начальных параметров их движения. Кроме того, предлагаются алгоритмы и соответствующие математические программы для аккуратных оценок допустимых значений начальных параметров орбит и последующих операций управления. Для наглядности приводятся данные по такого рода операциям для реализуемых в настоящее время миссий, таких как Радиоастрон и ИНТЕГРАЛ.

5. Математические модели движения в Солнечной системе

В качестве универсального инструмента для проведения проектирования и анализа космических миссий предлагается математическая модель движения тел солнечной системы, включая космический аппарат. Тела солнечной системы в этой модели движения описываются моделью, основанной на обработке огромных массивов наблюдательной информации, обработанной с привлечением численного интегрирования дифференциальных уравнений их движения. Для космического аппарата в дифференциальные уравнения включается требуемое приемлемой точностью число гравитирующих тел системы. Для описания этой модели даются объяснения используемых систем координат и отсчета времени. Планируется проведение семинарских занятий с целью освоения указанного инструмента. В качестве удобного учебного примера предлагается задача проектирования траекторий космического аппарата в окрестности коллинеарных солнечно-земных точек либрации L1 и L2. Этот пример выбран в связи приближением даты старта реального проекта Спектр-Рентген-Гамма. Планируется в рамках этого проекта изучить состав требований к траектории космического аппарата и операциям по управлению его орбитальным движением и ориентацией и оптимальные варианты его выведения на орбиту, удовлетворяющую эти требования на интервалах возможных дат старта. Одновременно планируется изучить особенности орбит в окрестности коллинеарных точек либрации.

6. Алгоритмы и программное обеспечение

Алгоритмы и программное обеспечение решения прикладных задач небесной механики. Расчеты орбитального движения опираются на численное интегрирование

дифференциальных уравнений движения, соответствующие параграфы излагаются в курсе с учетом особенностей моделей солнечной системы и различных фаз выполнения миссий с учетом требований по требуемой точности расчета параметров траекторий и быстродействия алгоритмов. Рассматриваются типичные случаи вычислений геометрических и кинематических параметров полета, таких как условия видимости аппаратов, относительное положение других небесных объектов, направление и величина скорости в относительном движении, условия по затенению космических аппаратов. Излагаются методы проектирования орбит и маневров для выполнения геометрических и кинематических условий полета. Даются рекомендации по выбору готовых общедоступных алгоритмов, математических программ и баз данных, таких как, например, GMAT и SPICE.

7. Проектирование миссий по исследованию планет и их спутников

Рассматриваются различные фазы полета при решении задач соответствующих экспериментов, начиная с этапа выведения на перелетную орбиту. При этом используется как идеальный случай перелет по орбите Гомана. Как следующий этап излагается решения задачи Ламберта. Примеры решения этой задачи планируется выполнить в течение семинарских занятий для различных планет Солнечной системы. При этом выбор траекторий предполагается в рамках оптимизации импульсов скорости при старте с Земли и маневре перехода на орбиту спутника планеты. Рассматривается также задача маневров в окрестности планеты назначения, в том числе задача гравитационных маневров, включая многократные, с использованием облетов спутников планеты. Приводятся описания таких многократных маневров, реализованных к настоящему времени и планируемых у Луны и спутников Юпитера и Сатурна, а также у самих планет Солнечной системы, включая Землю. Как пример описывается проект полета аппарата на близкое к Солнцу расстояние, достигаемое на значительном эклиптическом наклонении за счет использования электроракетного двигателя и многократных гравитационных маневров у Венеры. В качестве более сложной задачи излагается проблема возвращения на Землю образцов грунта спутников Марса.

8. Задачи входа в атмосферу

Как отдельная задача рассматривается проблема входа космического аппарата в атмосферу планеты с целью достижения ее поверхности или перехода на орбиту спутника планеты за счет аэродинамического торможения атмосферой в случаях прямого захвата, а также для варианта понижения апоцентра орбиты спутника касательными проходами верхних слоев атмосферы.

9. Комплексные миссии к планетам

Как миссия, в которой планируется доставка к планете одним перелетным аппаратом целой группировки, включающей в себя аппараты различного назначения для проведения экспериментов на орбите, в атмосфере и в разных точках поверхности, в настоящее время рассматривается проект «Венера-Д». Небесно-механические задачи этой миссии включаются в состав курса.

10. Исследования малых тел солнечной системы и управление астероидами

Исследования малых тел Солнечной системы и астероидно-кометная опасность излагаются с позиции постановки задачи поиска способов предотвращения столкновения с Землей опасных небесных тел. В качестве одного из возможных подходов предлагается метод, включающий в себя посадку на малый астероид космического аппарата. Далее аппарат,

используя двигательную установку и гравитационный маневр у Земли, переводит астероид или его часть на орбиту столкновения с опасным астероидом и тем самым предотвращает встречу последнего с Землей. В курсе исследуются возможности реализации такого сценария, а также сценария по доставке фрагмента астероида на орбиту спутника Земли. Описываются также альтернативные сценарии отклонения опасных небесных объектов от траектории столкновения с Землей, включая изменение отражательных характеристик поверхности астероида и применения лазерных установок для испарения его массы и создания таким образом реактивной силы.

11. Навигация космических аппаратов и определение орбит естественных небесных тел

Навигация космических аппаратов требует применения специальных систем на Земле и на борту, описание которых входит в состав курса, как и изложение методов обработки выполняемых этими системами траекторных измерений. Рассматривается задача оптимизации планирования этих измерений по достигаемой точности определяемых параметров. Вводится понятие наблюдаемости системы по проводимым измерениям. В проектировании космических миссий входит и определение параметров движения небесных тел, которые являются целью миссий или представляют самостоятельный интерес. В этой связи рассматриваются методы, позволяющие проводить операции по уточнению эфемерид таких тел, а также определять другие их характеристики, как, например массу и размеры астероидов. Излагаются способы обнаружения и определения орбит экзопланет.

12. Маневры коррекции параметров движения

Маневры коррекции орбитальных параметров движения рассматриваются в плане описания методов оптимизации сценариев их исполнения при учете технических ограничений, накладываемых характеристиками используемых систем управления и двигательных установок. Особое внимание уделяется проблеме постановки задачи коррекции параметров, исходя из требований научных экспериментов. В качестве примера рассматривается задача поддержания движения космического аппарата на орбитах в окрестности коллинеарных точек либрации.

13. Солнечный парус как средство управления орбитальным движением

Рассматриваются задачи применения солнечного паруса в качестве инструмента реализации орбитальных маневров, в том числе для изменения параметров орбиты при движении аппарата в окрестности коллинеарных солнечно-земных точек либрации. В качестве целей таких маневров выбраны такие, как удержание аппарата на траектории около точек либрации и изменения амплитуд орбиты. Оцениваются необходимые размеры паруса и способы управления его характеристиками. Анализируются способы использования паруса при миссиях в составе группировок. Исследуются экзотические предложения по применению паруса для полетов к звездам. Анализируется влияние давления солнечного света, а также переизлучений фотонов в силу работы собственных энергосистем космических аппаратов на траектории их движения. Эффект Ярковского в движении астероидов и результаты воздействия солнечного излучения на движение комет.

14. Различия в движении материальной точки и физического тела с размерами

Анализируется влияние размеров физического тела на параметры его траектории. Как пример рассматривается движение Луны, а также искусственных космических тел, таких как, например, Международная Космическая Станция (МКС). В последнем случае

оцениваются уровни микрогравитации. Описываются соответствующие потенциально возможные эксперименты в области механики космического полета на борту МКС. Анализируется реализуемость так называемой «гравицапы», т.е. аппарата, на котором создается тяга без отброса массы. Описываются тросовые системы, предназначенные для решения такого рода задач.

15. Ориентация и движение около центра масс

Определение ориентации и управление движением около центра масс космических аппаратов и анализ возможностей систем ориентации излагаются для различных классов аппаратов. Рассматриваются пассивные, промежуточные и активные системы, включая варианты, не требующие использования ракетных двигателей. Даются описания математических моделей движения около центра масс, применимых для обработки измерений датчиков различных типов с целью определения параметров движения. Рассказывается о построении систем управления с применением в качестве исполнительных элементов маховиков, электромагнитных катушек, гравитационных штанг, создающих моменты, порождаемых градиентом силы тяжести, а также с использованием солнечного паруса с изменяемыми силами светового давления. Рассматриваются способы создания демпфирующих моментов в пассивных системах ориентации. Планируются семинарские занятия по решению соответствующих задач обработки измерительных данных, в частности, для вариантов построения системы управления ориентацией с помощью стабилизации аппарата вращением.

16. Луна как инструмент для управления движением естественных и искусственных небесных тел

Излагаются задачи использования гравитационных маневров у Луны для изменения параметров орбит космических аппаратов. Как пример описывается миссия ISEE-3, в которой за счет гравитационных маневров у Луны аппарат был направлен к комете Джакобини-Зиннера. Рассматриваются также миссии, в которых облет Луны использовался для уменьшения амплитуд космических аппаратов, направляемых в окрестность коллинеарных солнечно-земных точек либрации. Описываются проекты, предполагающие захват с помощью многократных маневров у Луны околоземных астероидов с размещением их на ретроградной орбите спутника Земли.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Механика сплошных сред

Цель дисциплины:

Формирование базовых знаний по физическим основам гидродинамики и газовой динамики, их математическому описанию и применению для решения прикладных задач.

Задачи дисциплины:

- освоение студентами базовых знаний по газовой динамике;
- приобретение студентами знаний в области приложений механики сплошных сред;
- оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных теоретических и экспериментальных исследований по механике сплошных сред;
- приобретение навыков качественного анализа и количественных оценок, касающихся механики сплошных сред.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные понятия и законы гидродинамики и газовой динамики;
- порядки численных величин, характерные для газовой динамики;
- место и роль механики сплошных сред в ряду других разделов физики.

уметь:

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных, прикладных и технологических задач гидродинамики и газовой динамики;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;

- видеть в технических задачах физическое содержание.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- математическим моделированием физических задач;
- навыками теоретического анализа реальных задач, относящихся к механике сплошных сред.

Темы и разделы курса:

1. Уравнения механики сплошных сред

Условия применения модели сплошной среды. Уравнения газовой динамики. Уравнение изменения энтропии. Приближения сжимаемого и несжимаемого газа, уравнения гидродинамики. Скорость звука. Число Маха. Акустические волны.

2. Одномерные стационарные течения

Поверхности разрыва. Адиабата Гюгонио. Параметры на фронте ударной волны. Соотношения Ренкина-Гюгонио. Слабые и сильные ударные волны.

3. Трубка тока и квазиодномерные стационарные течения

Стационарные уравнения для трубки тока. Уравнение Бернулли и интеграл Бернулли. Интегральное соотношение для энергии, его отличие от интеграла Бернулли. Переход через скорость звука. Принцип обращения воздействия. Параметры торможения. Истечение газа в пустоту. Сопло Лаваля.

4. Одномерные нестационарные течения

Характеристическая форма уравнений газовой динамики. Метод характеристик. Инварианты Римана. Простые волны Римана. Автомодельные решения. Волны разрежения и сжатия. Образование ударных волн. Задачи о поршне. Отражение волн разрежения и ударных волн от границы двух сред. Задача о распаде разрыва. Взаимодействие ударных волн.

5. Детонационные волны

Одномерные стационарные течения с источниками тепла и объемной силы. Адиабата Гюгонио и детонационная «адиабата». Детонационные волны. Критерий Чепмена-Жуге.

6. Сверхзвуковое обтекание тел

Косые ударные волны. Пространственные стационарные волны разрежения. Аналогия с простыми волнами Римана. Течение Прандтля-Майера.

7. Методы теории подобия. Пи теорема

Пи теорема. Сила трения, действующая на тело в несжимаемой жидкости. Задача о сильном взрыве.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Микроскопическая теория сверхпроводимости

Цель дисциплины:

- освоение студентами фундаментальных знаний в области физики сверхпроводимости;
- изучение современных методов теоретической физики, имеющие приложения в области физики твердого тела.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области физики сверхпроводимости тела как дисциплины, интегрирующей общефизическую и общетеоретическую подготовку физиков и обеспечивающей технологические основы современных инновационных сфер деятельности;
- обучение студентов современным теоретическим подходам в описании сверхпроводящих структур;
- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области физики твёрдого тела в рамках выпускных работ на степень магистра (бакалавра).

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- современные проблемы физики, химии, математики;
- теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях;
- принципы симметрии и законы сохранения;
- новейшие открытия естествознания;
- постановку проблем физико-химического моделирования;
- о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;
- абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций.

владеть:

- основными математическими, теоретическими и экспериментальными физическими методами исследований на профессиональном уровне, достаточном для дальнейшей специализации и профилизации;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
- математическим моделированием физических задач.

Темы и разделы курса:

1. Преобразования Боголюбова.

Электрон-фононное взаимодействие. Феномен Купера. Гамильтониан БКШ. Волновая функция БКШ. Преобразование Боголюбова. Спектр возбуждений в модели БКШ. Уравнение самосогласования. Уравнения Боголюбова - де Жена.

2. Термодинамика сверхпроводников.

Теплоемкость, плотность нормальной компоненты, сдвиг Найта. Разложение Ландау свободной энергии вблизи критической температуры. Скачок теплоемкости. Термодинамическое критическое поле.

3. Сверхпроводящие гетероструктуры. Андреевское отражение.

Уравнения Андреева. Андреевские связанные состояния вблизи поверхностей раздела и в центре вихрей. Связанные андреевские состояния на магнитной примеси.

4. Метод гриновских функций в теории сверхпроводимости.

Уравнения Горькова. Эффект Мейснера. Лондоновские и Пиппардовские сверхпроводники. Диаграммная техника для сверхпроводящих систем.

5. Теория Гинзбурга-Ландау

Микроскопический вывод функционала Гинзбурга-Ландау. Сверхпроводники I и II рода. Парамагнитный предел. Состояние FFLO.

6. Эффект Джозефсона.

Эффект Джозефсона в SIS и SNS структурах. Метод матрицы рассеяния. Спектр Андреевских связанных состояний в этих структурах.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Многомерный анализ, интегралы и ряды

Цель дисциплины:

Является формирование базовых знаний по математическому анализу для дальнейшего использования в других областях математического знания и дисциплинах с естественнонаучным содержанием; формирование математической культуры, исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины:

- приобретение слушателями теоретических знаний и практических умений и навыков в области теории пределов, дифференциального и интегрального исчисления, теории рядов;
- подготовка слушателей к изучению смежных математических дисциплин;
- приобретение навыков в применении методов математического анализа в физике и других естественнонаучных дисциплинах.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- свойства функций многих переменных, понятия предела, непрерывности, частных производных и дифференциала;
- свойства определенного интеграла Римана, несобственных интегралов, криволинейных интегралов, свойства числовых, функциональных и степенных рядов;
- признаки сходимости несобственных интегралов со степенными, логарифмическими и экспоненциальными особенностями; аналогичные признаки сходимости числовых и функциональных рядов;
- основные разложения элементарных функций в ряд Тейлора.

уметь:

- вычислять частные производные первого и высших порядков от функций многих переменных (в частности, заданных неявно); исследовать дифференцируемость функций;
- выполнять замену переменных в дифференциальных уравнениях (обыкновенных и с частными производными);

- вычислять определенные интегралы и криволинейные интегралы (в частности, возникающие в геометрических и физических задачах);
- исследовать сходимость числовых рядов, равномерную сходимость функциональных рядов;
- раскладывать элементарные функции в степенные ряды и находить их радиусы сходимости.

владеть:

- аппаратом дифференциального исчисления функций многих переменных, а также аппаратом интегрального исчисления для решения различных задач, возникающих в физике, технике, экономике и других прикладных дисциплинах;
- понятием равномерной сходимости функциональных рядов для обоснования некоторых математических преобразований, применяемых в физике.

Темы и разделы курса:

1. Дифференциальное исчисление функций многих переменных

1.1. Точечное n -мерное евклидово пространство. Расстояние между точками, его свойства. Предел последовательности точек в n -мерном евклидовом пространстве. Теорема Больцано-Вейерштрасса и критерий Коши сходимости последовательности. Внутренние, предельные, изолированные точки множества; точки прикосновения. Открытые и замкнутые множества, их свойства. Внутренность, замыкание и граница множества.

1.2. Предел числовой функции нескольких переменных. Определения по Гейне и Коши, их эквивалентность. Повторные пределы и пределы по направлениям. Исследование предела функции двух переменных при помощи перехода к полярным координатам. Предел функции по множеству.

1.3. Непрерывность функции нескольких переменных в точке и по множеству. Непрерывность сложной функции. Свойства функций, непрерывных на компакте – ограниченность, достижение точных верхней и нижней граней, равномерная непрерывность. Теорема о промежуточных значениях функции, непрерывной в области.

1.4. Частные производные функций нескольких переменных. Дифференцируемость функции нескольких переменных в точке, дифференциал. Необходимые условия дифференцируемости, достаточные условия дифференцируемости. Дифференцируемость сложной функции. Инвариантность формы дифференциала относительно замены переменных. Градиент, его независимость от выбора прямоугольной системы координат. Производная по направлению.

1.5. Частные производные высших порядков. Независимость смешанной частной производной от порядка дифференцирования. Дифференциалы высших порядков, отсутствие инвариантности их формы относительно замены переменных. Формула Тейлора для функций нескольких переменных с остаточным числом в формах Лагранжа и Пеано.

2. Определенный интеграл, его применение

2.1. Определенный интеграл Римана. Суммы Римана, суммы Дарбу, критерий интегрируемости. Интегрируемость непрерывной функции, интегрируемость монотонной функции, интегрируемость ограниченной функции с конечным числом точек разрыва. Свойства интегрируемых функций: аддитивность интеграла по отрезкам, линейность интеграла, интегрируемость произведения, интегрируемость модуля интегрируемой функции, интегрирование неравенств, теорема о среднем. Свойства интеграла с переменным верхним пределом – непрерывность, дифференцируемость. Формула Ньютона-Лейбница. Интегрирование подстановкой и по частям в определенном интеграле.

2.3. Геометрические приложения определенного интеграла – площадь криволинейной трапеции, объем тела вращения, длина кривой, площадь поверхности вращения.

2.4. Криволинейный интеграл первого рода. Независимость выражения интеграла через параметризацию кривой от допустимой замены параметра. Ориентация гладкой кривой. Криволинейный интеграл второго рода, выражение через параметризацию кривой.

3. Несобственный интеграл

3.1. Несобственный интеграл (случай неограниченной функции и случай бесконечного предела интегрирования). Критерий Коши сходимости интеграла. Интегралы от знакопостоянных функций, признаки сравнения сходимости. Интегралы от знакопеременных функций; абсолютная и условная сходимость. Признаки Дирихле и Абеля.

4. Числовые ряды

4.1. Числовые ряды. Критерий Коши сходимости ряда. Знакопостоянные ряды: признаки сравнения сходимости, признаки Даламбера и Коши, интегральный признак. Знакопеременные ряды: абсолютная и условная сходимость. Признаки Дирихле и Абеля. Независимость суммы абсолютно сходящегося ряда от порядка слагаемых. Теорема Римана о перестановке членов условно сходящегося ряда. Произведение абсолютно сходящихся рядов.

5. Функциональные последовательности и ряды

5.1. Равномерная сходимость функциональных последовательностей и рядов. Критерий Коши равномерной сходимости. Непрерывность суммы равномерно сходящегося ряда их непрерывных функций. Почленное интегрирование и дифференцирование функциональных рядов. Признак Вейерштрасса равномерной сходимости функциональных рядов. Признаки Дирихле и Абеля.

6. Степенные ряды

6.1. Степенные ряды с комплексными членами. Первая теорема Абеля. Круг и радиус сходимости. Характер сходимости степенного ряда в круге сходимости. Формула Коши-Адамара для радиуса сходимости. Вторая теорема Абеля. Непрерывность суммы комплексного степенного ряда.

6.2. Степенные ряды с действительными членами. Сохранение радиуса сходимости при почленном интегрировании и дифференцировании степенного ряда. Бесконечная

дифференцируемость суммы степенного ряда в круге сходимости. Единственность разложения функции в степенной ряд; ряд Тейлора. Формула Тейлора с остаточным числом в интегральной форме. Пример бесконечно дифференцируемой функции, не разлагающейся в степенной ряд. Разложение в ряды Тейлора основных элементарных функций. Разложение в степенной ряд комплексной функции .

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Многопоточные вычисления на основе технологий CUDA и OpenCL

Цель дисциплины:

Формирование базовых знаний по технологиям CUDA и OpenCL и применение их в естественно-научных и иных практических задачах.

Задачи дисциплины:

- Формирование у обучающихся базовых знаний по CUDA;
- формирование у обучающихся базовых знаний по OpenCL;
- формирование умений и навыков применять полученные знания для решения практических задач.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Основные термины курса;
- различие в устройстве центрального процессора и графического ускорителя;
- особенности программной модели CUDA;
- дополнительные возможности компилятора NVCC;
- различия между всеми типами памяти графического ускорителя.

уметь:

- Компилировать код на CUDA с помощью компилятора NVCC;
- преобразовывать последовательный код в параллельный на CUDA ;
- оценивать возможность использования различных типов памяти;
- оптимизировать код, используя особенности аппаратного устройства графического ускорителя.

владеть:

- Навыками работы в операционной системе Linux;
- навыками работы с компилятором NVCC;
- культурой постановки, анализа и решения математических и прикладных задач, требующих для своего решения использования параллельных вычислений на CUDA;
- расширением языка C.

Темы и разделы курса:

1. Введение в курс

История развития вычислительных систем. Основная терминология курса. Типы параллелизма. Обоснование необходимости использования распределенных вычислительных систем. Критерии применимости параллельных вычислений. Примеры применения параллельных вычислений. Различные типы параллельных систем. Классическая и гибридная схема. Кластеры и суперкомпьютеры на гибридной схеме.

2. Архитектура CPU и GPU

Сравнение классической архитектуры Intel и AMD. Принципиальное отличие классической и GPU архитектуры. Необходимые шаги к единой архитектуре вычислительных устройств. Сравнительные характеристики чипов G 280, G 295, G 480, NVIDIA.

3. Аппаратная реализация единой архитектуры

Объединённая архитектура графических процессоров. Основные составные элементы аппаратной реализации GPU. Преимущества унифицированной архитектуры. Составные части аппаратной реализации: TPC, SM, SP. Буфер инструкций SM. Регистровый файл SM. Конвейеры исполнения команд. Ветвление внутри варпа.

4. Программная модель CUDA

Основные модификаторы языка C. Введение в особенности программирования под GPU. Понятия Thread, Warp, Block и Grid. Программный стек CUDA. Описание пользовательского интерфейса разработчика, основные компоненты. Команды работы с памятью. Пример вызова CUDA.

5. Программная модель OpenCL

Понятия Host и Device. Платформы OpenCL, контекст и очередь исполнения. Сборка и запуск ядер на устройствах.

6. Модель памяти GPU

Глобальная, константная, текстурная, локальная, разделяемая и регистровая память. Особенности использования каждого типа памяти. Размещение различных данных в различной памяти. Сравнения производительности глобальной и текстурной памяти на задачах произвольного чтения. Характерные размеры каждой памяти на примере чипа G200. Когерентное общение с глобальной памятью.

7. Оптимизация основных алгоритмов

Использование Scan, Reduce, Histogram, Bitonic sort.

8. Текстуриная память GPU

Использование текстурной памяти. Способы размещения данных в текстурной памяти. Использование аппаратной интерполяции. Отличия модели исполнения, работы с текстурами, сборки и компиляции программ OpenCL от CUDA. Постановка практических заданий.

9. Практическое применение

Постановка и разбор проектных заданий. Консультации по проектам. Прием заданий и проектов.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Многопоточные вычисления на основе технологий MPI и OpenMP

Цель дисциплины:

формирование у студентов знаний в области многопоточных вычислений на основе технологий MPI и OpenMP.

Задачи дисциплины:

- освоение студентами базовых знаний (понятий, концепций, методов) в области много-поточного программирования;
- формирование представления о технологиях MPI и OpenMP.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Основы параллельного программирования;
- Устройство современных высокопроизводительных систем;
- Архитектуру библиотек MPI и OpenMP.

уметь:

- понять поставленную задачу;
- работать на современном компьютерном оборудовании;
- разрабатывать код программ, реализующий параллельные алгоритмы, выбирая адекватные средства синхронизации и атомарные операции платформы;
- отлаживать программы, исполняющиеся в параллельном окружении на современных аппаратных средствах, используя все технические возможности.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;

- Техническими средствами разработки программ, исполняющихся в параллельном окружении;
- Библиотеками MPI и OpenMP, использующимися при разработке программ, и понимать их применимость к задачам;
- навыками самостоятельной работы при разработке и отладке параллельных программ;
- математическим моделированием процесса исполнения алгоритмов на разделяемой и общей памяти.

Темы и разделы курса:

1. Введение в курс. Основы MPI. Компиляция и запуск программ.

Архитектура вычислительных систем с разделяемой памятью. История суперкомпьютеров. Кластера типа Beowolf. Устройства кластера и основные его компоненты. Высокоскоростные сети. История и стандарты MPI. Существующие реализации MPI. Основные понятия о процессах в MPI. Адресация процессов.

2. Виды коммуникаций. Коммуникации типа точка-точка.

Типы коммуникаций в MPI. Коммуникации типа точка-точка. Блокирующие и неблокирующие коммуникации. Особенности использования буфера библиотекой MPI. Очередность получения и передачи сообщений процессорами

3. Распараллеливание сеточных методов.

Основные алгоритмы распараллеливания сеточных методов решения PDE. Структурные и неструктурные сетки. Пакеты для деления неструктурных сеток. Распараллеливание на структурных сетках на примере уравнение теплопроводности в двумерном случае.

4. Групповые коммуникации.

Введение в групповые коммуникации в MPI. Особенности работы групповых коммуникаций. Типы групповых сообщений: синхронизация, сбор и передача данных, коллективные вычисления. Отличия и сходства в вызовах и работе с коммуникациями типа точка-точка. Взаимодействия процессов при групповых коммуникациях.

5. Распределенные операции с матрицами и векторами.

Алгоритмы распределенных операций над матрицами и векторами. Разбор примера решения СЛАУ методом сопряженных градиентов в MPI. Особенности работы с разреженными матрицами.

6. Собственные типы MPI.

Понятие о типе данных. Виды типов данных в MPI. Создание своих типов. Разбор примеров. Оптимизация распараллеливания задачи теплопроводности используя собственные типы.

7. Группы и коммутаторы. Виртуальные топологии.

Понятия о группах, коммуникаторах и топологиях.

8. Введение в MPI-2.

Основные новшества в MPI-2. Динамическое порождение и уничтожение процессов. Параллельная работа с файлами.

9. Введение в OpenMP

Вычислительные системы с общей памятью. Стандарт OpenMP. Сравнение со стандартными реализациями потоков (POSIX Threads, WinAPI и другие реализации). Поддержка современными компиляторами. Особенности компиляции и запуска программ. Модель программирования OpenMP.

10. Основы OpenMP

Директивы PRAGMA и функции исполняющей среды OpenMP. Разбор простого примера «Hello World». Основные принципы программирования в OpenMP. Основные правила применения директив OpenMP, использующихся для описания данных и организации параллельных вычислений. Вопросы видимости данных и корректности доступа к данным.

11. Параллельное выполнение циклов, параллельные секции, синхронизация потоков.

Методы распараллеливания циклов и контроля распределения работы между процессорами. Статическое и динамическое распределение итераций между потоками. Способы балансировки работы процессоров с помощью директив OpenMP. Задание внешних переменных окружения с помощью функций OpenMP. Параллельные секции. Синхронизация параллельных потоков.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Моделирование турбулентных течений

Цель дисциплины:

- Освоение студентами физических основ турбулентности и основными типами моделей турбулентности.
- Ознакомление с общей процедурой численного решения задач вычислительной гидродинамики и её реализацией в стандартном CFD-коде.
- Решение средствами расчётного кода задач турбулентных течений некоторых основных типов (канальное течение в трубе, отрыв и присоединение потока - без теплообмена и с теплообменом, конвекция).

Задачи дисциплины:

- Сообщить базовые сведения метода сеток, необходимые для понимания основных методов и интерпретации получаемых результатов численного решения задач механики сплошной среды.
- Изложить физические представления о возникновении турбулентности и её моделях, а также основные типы моделей турбулентности, их происхождение.
- Проиллюстрировать основные турбулентные величины в типичных задачах.
- Научить студента работать со стандартным CFD-пакетом.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- определения основных турбулентных величин;
- основные понятия моделей турбулентности, их происхождение;
- основные способы численного решения уравнений Навье-Стокса (RANS) и уравнение энергии, концентрации и т.п.; постановку граничных условий по всем уравнениям, включая турбулентность;
- структуру сетки для численного решения, сеточные примитивы;
- общую структуру меню стандартного CFD-кода, базовые возможности кода.

уметь:

- ставить задачу расчёта турбулентного течения в конкретных случаях, понимать полученный результат и оценивать область применимости используемых моделей и численных методов;
- выбрать адекватную схему аппроксимации и метод решения;
- задавать граничные условия по потоку и по турбулентности разными способами;
- запустить CFD-расчёт и проанализировать его на предмет ошибки.

владеть:

- основными понятиями турбулентных течений, позволяющими ему понимать литературу по CFD-расчётам;
- основными понятиями вычислительной гидродинамики, позволяющими ему запустить расчёт коммерческим кодом ANSYS FLUENT (density-based pressure-based solver, pressure-velocity coupling, pressure discretization scheme, модель материала);
- основными понятиями вычислительной гидродинамики, позволяющими ему разобраться в результатах расчёта коммерческим кодом ANSYS FLUENT (пристеночные функции, функция тока, турбулентная вязкость);
- навыками оценки безразмерных величин в типичных случаях (числа Рейнольдса, Пекле, Рэлея, Прандтля, Нуссельта).

Темы и разделы курса:

1. Турбулентность.

Общие сведения о турбулентных течениях (ТТ).

Осреднение уравнений переноса.

Уравнения турбулентной кинетической энергии.

2. Математические модели турбулентности.

Классификация RANS-моделей. Понятие о LES-моделях.

Двухпараметрические модели турбулентности.

Математическое и численное описание изотропной и пристеночной турбулентности.

Турбулентная естественная конвекция в трубе и в ограниченном большом объёме.

3. Моделирование турбулентных течений в вычислительной гидродинамике (ВГД)

Представление решения уравнения на разностной сетке.

Последовательность и средства численного решения задачи ВГД.

Как численно решаются уравнения ГД в pressure-based схеме.

Этапы подготовки входных данных и основные разделы меню коммерческого CFD-пакета.

Проведение численного решения в CFD-пакете. Контроль качества.

Постобработка результатов.

Примеры.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Моделирование электродинамических систем

Цель дисциплины:

дать студентам представление о вычислительных задачах современной электродинамики и знания об основных методах решения этих задач; дать навыки, позволяющие оценить адекватность применения того или иного численного метода; показать общность подходов к решению вычислительных задач на распространение волн в некоторых задачах оптики, радиофизики и твердого тела. Дать студентам знания о методах и практические навыки численного решения электродинамических задач в численных программных пакетах.

Задачи дисциплины:

изучение методов оценки эффективности и критериев выбора численных методов; изучение задач вычислительной электродинамики и методов их решения; овладение студентами специальными быстрыми вычислительными алгоритмами, которые часто встречаются в вычислительных задачах электродинамики.

- Изучения методов численного эксперимента
- Получение знаний о методах экстракции материальных параметров
- Изучение ближнепольных характеристик волноведущих структур
- Изучение характеристик рассеяние
- Изучение методов оптимизации полномасштабной электродинамической структуры

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- понятия о сходимости, точности и вычислительной сложности численных методов;
- методы расчета свойств фотонных кристаллов;
- принципиальные идеи, лежащие в основе метода конечных элементов, интегральных, дифференциальных и модальных методов;
- модели эффективной среды, применяющиеся в электродинамике;
- методы расчета фотонных кристаллов;
- основные оптические методы численного моделирования электродинамических структур;

- основные методы задания материальных параметров для диэлектриков и металлов;
- основные объекты и явления, исследование которых возможно методами дискретного численного моделирования;
- основные методы анализа ближнего и дальнего поля при решении электродинамической задачи;
- примеры актуальных научных задач, решаемых методами численного моделирования.

уметь:

применять критерии выбора эффективных численных методов и алгоритмов. Оптимизировать дискретизацию сетки. Использовать дисперсионные модели Друде и Лорентца. Запускать автоматический поиск оптимального решения. Анализировать спектры рассеяния. Анализировать основные параметры антенн. Проводить квазистатическое моделирование.

владеть:

критериями выбора эффективных численных методов и алгоритмов. Методами расчета свойств фотонных кристаллов, периодических структур, активных и пассивных систем. Численными методами решения научных задач. Методами анализа и обработки данные моделирования.

Темы и разделы курса:

1. Вводное занятие, основные методы моделирования.

Обзор основных программных пакетов моделирования электродинамических задач. Установка и запуск CST Microwave Suite. Принципы работы с элементарными объектами: шар, тор, конус, параллелепипед и др. Работа со счетной областью и граничными условиями.

2. Методы работы во временном солвере.

Описание временного солвера. Принципы работы с импульсным сигналом и переход в спектральный диапазон. Использование квадратной сетки. Условия сходимости и остановки счета.

3. Методы работы в частотном солвере.

Описание частотного солвера. Принципы работы с дискретным сигналом. Использование треугольной сетки. Условия сходимости и остановки счета.

4. Методы работы в интегральном солвере.

Описание интегрального солвера. Принципы работы поверхностными токами. Использование материалов без потерь и треугольной сетки. Условия сходимости и остановки счета. Изменение размера счетной области.

5. Методы расчёт блоковых схем.

Описание метода работы с блоками. Принципы работы метода расчета блоковых схем. Связь с реальными моделями.

6. Модели эффективной среды.

Использование дисперсий типа Лоренца и Друде.

7. Методы оптимизации ЭМ задачи.

Использование эффективных материальных параметров. N-этапное моделирование. Методы допустимого упрощения геометрии модели. Методы поиска оптимального решения (геометрии).

8. Поле элементарных источников электромагнитных волн.

Исследования поля элементарных источников электромагнитных волн.

9. Методы импорта / экспорта данных.

Импорт САD-моделей систем счета. Импорт поверхностных и объемных сеток дискретизации. Экспорт 0D, 1D, 2D, 3D результатов моделирования. Экспорт геометрии моделирования. Экспорт эквивалентной схемы моделирования. Экспорт источников вторичного моделирования.

10. Исследование основных характеристик антенн.

Диаграмма направленности. Коэффициент усиления. Коэффициент согласования. Поляризация и кроссполяризация. Коэффициент стоячей волны. Изоляция. Импеданс. Методы согласования антенн.

11. Исследование спектров рассеяния.

Понятие полного сечения рассеяния. Рассеяние в заданном направлении. Элемент Гюйгенса. Симметричные и асимметричные рассеиватели. Методы квазистатического моделирования медленно вращающихся объектов.

12. Экстракция материальных параметров.

Моделирование прямоугольного и плоскопараллельного волноводов. Периодические граничные условия. Экстракция материальных параметров методом Никольса-Росса-Ваера. Экстракция материальных параметров резонансным методом на основе магнитного резонанса.

13. Методы работы с макросами.

Синтаксис базовых функций. Моделирование случайных и заданных сигналов сложной формы. Моделирование белого света (некогерентного источника). Построение моделей с геометрическим отклонением. Статистический анализ влияния разброса номинала пассивных элементов. Методы постобработки результатов моделирования.

14. Квазистатическое моделирование.

Моделирование белого света (некогерентного источника). Комбинированное рассеяние от большого числа источников. Моделирование доплеровских частот движущихся объектов.

15. Контрольное занятие.

Представление студентами докладов в виде презентации по методам численного моделирования и способам анализа электродинамических задач и систем.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Молекулярная биология

Цель дисциплины:

- овладение теоретической базой данных о закономерностях, определяющих структуру и функции ДНК, механизмы хранения, передачи и реализации генетической информации, структуру белков, их агрегатное состояние и многообразные функции в клетках. Помимо этого, предполагается освоение материала, необходимого для понимания фундаментальных основ конструирования функциональных единиц ДНК методами генетической инженерии и направленного мутагенеза, апробирования экспрессии новых генов в реальных условиях жизнедеятельности клеток.

Задачи дисциплины:

- изучение структуры и функции ДНК, механизмов хранения, передачи и реализации генетической информации;
- освоение методов выделения, очистки и характеристики ферментативной активности белков, методов их модификации, процессинга и деградации.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Центральная догма молекулярной биологии; структура и функции ДНК; репликация ДНК у прокариот и эукариот; мутагенез; молекулярные механизмы репарации ДНК; общая рекомбинация; структуры Холлидея; особенности сайт-специфической ее роль в экспрессии генов у фагов; особенности структуры генома; мобильные элементы; кластеры и повторы в геноме.

Аминокислоты. Химическая модификация функциональных групп белков. Биохимические методы определения аминокислот и белков. Принципы выделения и очистки белков. Масс-спектрометрия белков. Методы и задачи протеомики. Структурные особенности пептидной связи. Вторичная структура белка. Основные мотивы, структурные модули и домены белковой молекулы. Формирование третичной структуры белка в процессе синтеза. Гидрофобное ядро. Роль дисульфидных связей. Понятие структурной классификации белков. Четвертичная структура. Основные классы белков. Методы изучения белок-белковых взаимодействий. Белки, включающие небелковые компоненты.

уметь:

- анализировать первичные последовательности нуклеиновых кислот и белков, использовать биоинформатические подходы для сравнительного анализа нуклеиновых кислот и белков, применять методы работы с нуклеиновыми кислотами;
- выделять и при необходимости очищать выделенные белки, определять их аминокислотный состав и физико-химические характеристики, пользоваться банком данных аминокислотных последовательностей для отнесения изучаемого белка к определенному семейству, уметь определять активность фермента и кинетические параметры гидролиза субстратов, анализировать и при необходимости разработать методы химической модификации белка.

владеть:

- использования основных баз данных нуклеотидных и аминокислотных последовательностей, проведения электрофореза, ПЦР, гибридизации, рестрикции, молекулярного клонирования;
- пользование методов и соответствующего оборудования для выделения и очистки белков (ВЭЖХ, электрофорез, спектрофотометрия), статистической обработки полученных результатов измерений, первичные навыки по синтезу аффинных сорбентов.

Темы и разделы курса:**1. Предмет молекулярной биологии и генетической инженерии**

Химическая и биологическая эволюция.

Зарождение жизни.

Естественный отбор и вероятность единственного решения. Тупиковые решения эволюции.

Основные таксономические группы живых систем.

Строение клетки про- и эукариот (сходства и различия).

Единство молекулярных механизмов живых систем. Основные классы биологических молекул: липиды, углеводы, белки, нуклеиновые кислоты.

Организация генома живых существ: хромосомы, плазмиды. Понятие гена. Генетический код.

2. Общая схема функционирования клетки

Репликация ДНК, транскрипция, трансляция, структура и функции белка.

Понятие репликации: ДНК-полимеразы, репликация линейных и кольцевых молекул ДНК

Понятие транскрипции: РНК-полимеразы, информационная РНК и генетический код, транспортные РНК и аминоксил-тРНК-синтетазы

Понятие трансляции: рибосомы и трансляция, RBS и Cap сайты, химические реакции и общий энергетический баланс биосинтеза белка

Белки: ферменты, структурные, регуляторные.

3. Основная догма молекулярной биологии

Репликация ДНК. В-форма ДНК. Затравка для ДНК-полимеразы, праймирование, фрагменты Оказаки. Ферменты, необходимые для репликации ДНК. Теломеры и центромеры эукариот, ориджины репликации бактерий. Репликация кольцевых молекул ДНК по Тета –типу и по типу катящегося колеса.

Транскрипция.

РНК-полимеразы. Регуляция активности промоторов прокариот. Терминаторы транскрипции прокариот. Особенности транскрипции эукариот.

Трансляция.

Общая схема биосинтеза белка. Информационные и транспортные РНК. Аминоацил-тРНК-синтетазы. Рибосома и трансляция. Энергетика биосинтеза белка.

4. Репликация ДНК Escherichia coli

Реплисома.

Инициация раунда репликации.

Топологические проблемы репликации.

5. Репликоны

Сегрегация репликонов по бактериальным клеткам.

Репликация плазмид, мобильных элементов, фагов и вирусов.

Особенности репликации в эукариотах. Теломеры и центромеры. Сегрегация хромосом. Понятие митоза и мейоза.

6. Мутагенез

Спонтанный мутагенез. Скорость мутагенеза.

Индукцированный мутагенез.

Транспозонный мутагенез.

Понятие сайт-специфического мутагенеза.

7. Репарация ДНК

Экцизионная репарация.

Репарация неспаренных нуклеотидов.

SOS-ответ бактерий.

8. Гомологичная рекомбинация

Модель Холлидея.

Белки рекомбинации. RecA и SOS-ответ.

Специализированные системы рекомбинации.

Сайт-специфическая рекомбинация. Незаконная рекомбинация.

Рекомбинация в эукариотах. Кроссинговер.

9. Промоторы прокариот

Промоторы прокариот и регуляторные элементы. Системы регуляции прокариотических промоторов. Лактозный оперон. Арабинозный оперон. Система "Quorum sensing". Рибопереключатели.

10. Промоторы эукариот

Энхансеры и сайленсеры.

Процессинг рРНК, тРНК и мРНК.

Альтернативный сплайсинг.

11. Структура рибосомы

Рибосомная РНК и белки и их взаиморасположение.

12. Функционирование рибосомы

Функциональные активности и функциональные участки рибосомы.

Элонгация.

Инициация трансляции у прокариот, регуляция.

Инициация трансляции у эукариот, особенности регуляции.

Терминация трансляции.

13. Аминокислоты, свойства и основные реакции

Пептидная связь, пептиды.

Выделение белков. Хроматография.

Первичная структура белка. Методы определения первичной структуры белка. Определение N- и C- концевых аминокислот.

Вторичная, третичная и четвертичная структура белка.

Классификация белков.

Глобины. Миоглобин, гемоглобин.

14. Ферменты

Классификация ферментов.

Кинетика ферментативного катализа.

Сериновые протеазы. Связывание субстрата. Каталитический механизм.

Лизоцим.

Алкогольдегидрогеназа.

Лактатдегидрогеназа.

Люциферазы.

15. Посттрансляционная модификация белка

Шапероны. Протеазы. Гликозилазы. Киназы.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Молекулярная динамика

Цель дисциплины:

ознакомление студентов с методом молекулярной динамики и его практической реализации на многопроцессорных вычислительных системах.

Задачи дисциплины:

- ознакомление обучающихся с методом молекулярной динамики;
- приобретение обучающимися практических умений и навыков, необходимых для работы с многопроцессорными вычислительными системами;
- формирование умений и навыков для применения полученных знаний для моделированием методом молекулярной динамики.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

теоретические основы молекулярно-динамического моделирования.

уметь:

Моделировать простые системы с помощью метода молекулярной динамики.

владеть:

навыками компиляции и запуска последовательных и параллельных программ с использованием систем очередей;

навыками создания модели и её осуществления с помощью метода молекулярной динамики.

Темы и разделы курса:

1. Программирование и операционная система Unix.

Введение. Linux. Основные понятия. Навигация, основные команды. Создание, удаление и копирование файлов. Понятие учётной записи. Понятие скриптов в Unix-системах. Интерпретаторы скриптов. Командная оболочка bash. Особенности работы. Компиляция и запуск программ. Представление о работе компиляторов (для C/C++ - объектные файлы и библиотеки, заголовочные файлы, система сборки, зависимости). Обзор основных возможностей AWK, gnuplot. Использование скриптов.

2. Основы метода молекулярной динамики

История. Область применения. Решение уравнений движения частиц. Ошибки интегрирования и ошибки округления. Точность сохранения энергии в МД системе. Выбор оптимального шага по времени. Начальные и граничные условия при интегрировании уравнений движения. Метод ближайшего образа. Применение термостатов и баростатов. Иерархия потенциалов взаимодействия для различной степени детализации моделируемой системы. Модели взаимодействия нейтральных атомов и молекул. Моделирование макромолекул и полимеров. Многочастичные потенциалы для металлов, полупроводников и диэлектриков. Взаимодействие электронов и ионов, моделирование неидеальной плазмы.

3. Моделирование конкретных физических систем.

Рассмотрение и реализация: гравитационной задачи; системы частиц, взаимодействующих по потенциалу Леннарда-Джонса; твердого тела; пылевой плазмы; молекулярной жидкости; биологических систем.

4. Особенности моделирования и граничных условий.

Метод ближайшего образа. Начальные и граничные условия при интегрировании уравнений движения. Выбор оптимального шага по времени. Понятие времени динамической памяти. Расчет невязок координат и скоростей. Вопросы сохранения энергии в расчете. Получение зависимости флуктуации энергии от шага интегрирования. Вывод системы на равновесие. Критерии достижения равновесия.

5. Термостаты в моделировании.

Обзор статистических ансамблей: микроканонического, канонического, большого канонического, изотермо-изобарического. Моделирование физических процессов в конкретных ансамблях. Применение термостатов (Ланжевена, Андерсона, Нозе-Гувера) и баростатов при моделировании методом молекулярной динамики. Нахождение оптимальных параметров термостата и баростата для исследуемой системы.

6. Использование программных пакетов для моделирования.

Обзор основных программных пакетов, использующихся для моделирования методом молекулярной динамики (LAMMPS, GROMACS, ...). Практика использования этих пакетов. Их преимущества и недостатки.

7. Свойства микроструктуры.

Исследование микроструктуры системы. Понятия радиальной функции распределения, структурного фактора. Расчет радиальной функции распределения в используемой модели. Анализ и теоретическое обоснование полученных результатов.

8. Транспортные свойства моделируемой системы.

Обзор методов расчета транспортных коэффициентов. Методы Эйнштейна-Смолуховского и Грина-Кубо для расчета коэффициента диффузии, Эйнштейна-Гельфанда и Грина-Кубо для расчета вязкости. Вопросы сходимости используемых методов. Реализация расчета в используемой вычислительной программе. Изучение методов усреднения. Сравнение полученных данных с экспериментальными значениями.

9. Уравнение состояния.

Расчет нескольких точек кривой уравнения состояния для исследуемой системы. Аппроксимация кривой с помощью полученных точек через уравнение Клайперона-Клаузиуса.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Нанофизика и инновационные технологии

Цель дисциплины:

– углубленное изучение физических основ нанофизики, основных методов создания и исследования наноструктур, а также возможностей использования нанотехнологий в электронике и энергосбережении.

Задачи дисциплины:

- получение общих представлений о физике наноструктур, наноэлектронике, роли нанотехнологии в энергосбережении;
- получение знаний о фундаментальных причинах, которые позволили выделить нанотехнологии в отдельную область знаний; перспективы развития и применения нанотехнологий;
- получение знаний об использовании нанотехнологий для энергосбережения и наноэлектроники,
- получение знаний о потенциале, которым обладают эти технологии с точки зрения улучшения энергоэффективности, быстродействия и потребительских свойства электронных устройств, транспорта, автономной энергогенерации и т.д.
- развитие умений работать с литературой, работать с приборами наноизмерений;
- развитие навыков компьютерного моделирования физических процессов в наноструктурах.
- получение опыта использования имеющихся знаний из физики твердого тела и квантовой механики, применения навыков экспериментальной физики для наноизмерений.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики;
- порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;
- современные проблемы физики, химии, математики;

- квантовые явления, наблюдаемые при исследовании объектов нанofизики и инновационных технологий, и экспериментальные физические методы, разработанные на их базе;
- экспериментальные основы нанofизики и инновационных технологий.

уметь:

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
- получать наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценить степень их достоверности;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
- навыками теоретического анализа реальных задач, связанных со свойствами микроскопических и наносистем, обладающих как дискретным, так и непрерывным спектрами.

Темы и разделы курса:

1. Основы нанofизики.

Основы квантовой механики. Атом водорода. Спин. Магнитный момент атомов.

Зонная структура твердых тел: металлы, диэлектрики, полупроводники.

Носители заряда и примесные состояния в полупроводниках. p-n переход и биполярные транзисторы. Структуры металл-диэлектрик-полупроводник.

Спинтроника. Магнитосопротивление и спин-поляризованный транспорт.

2. Основы нанотехнологий.

Перспективы и проблемы развития нанотехнологий.

Переход к нанотехнологиям. Низкоразмерные системы и наноструктуры. Масштабирование. Мезоскопика.

Наноматериалы: Двумерные материалы (пленки). Одномерные материалы: органические и неорганические нанотрубки и нанопроволоки, полимеры.

Нанокластеры. Полупроводниковые наноточки. Нанокompозитные материалы и их свойства.

Измерение длин и сил на нанометровом масштабе. Методы и инструменты нанометрологии. Электронные микроскопы. Зондовая микроскопия. Сканирующие туннельный и силовой микроскопы. Сканирующая оптическая микроскопия ближнего поля.

Производство наноструктур: Методы bottom-up: химический синтез, самосборка, позиционная сборка. Методы top-down: прецизионная механика, литография, нанопечать. Манипулирование отдельными атомами («оптический пинцет»). Роль моделирования в процессе создания и проектирования новых наноматериалов и приборов.

3. Перспективные приложения.

Микроэлектронные элементы памяти и логики. Закон Мура и физический предел миниатюризации полупроводниковых устройств.

Приложения спинтроники (спиновые клапаны, магнитная память MRAM, сенсорные системы). Новые функциональные материалы спинтроники – мультиферроики.

Фотоника и магнитофотоника. Фотонные кристаллы.

Молекулярная и пластиковая электроника.

Элементы квантовой информатики (кубит, логические операции с ними, проблема декогерентности и квантовая коррекция ошибок).

Био-нанотехнологии. «Доставка лекарства». Разработка новых лекарств. Мониторинг состояния здоровья. Имплантаты.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Научный семинар по математической и теоретической физике

Цель дисциплины:

Мониторинг и контроль научной деятельности студентов, развитие у них навыков и культуры научного общения.

Разрешение текущих оперативных трудностей студентов при решении научных задач.

Задачи дисциплины:

ознакомление студентов с научными задачами других обучающихся на образовательной программе "Теоретическая и математическая физика".

возможность получения консультации по тому или иному вопросу, возникающему в ходе ведения научных изысканий.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

содержание наиболее важных свежих научных публикаций.

уметь:

читать и анализировать научные статьи, представлять полученные знания в ходе устного доклада, вести научные изыскания под руководством научного сотрудника.

владеть:

методами создания презентаций и работы у доски в научной аудитории, методами ведения научной дискуссии, методами распределения времени при ведении научной деятельности.

Темы и разделы курса:

1. Научный семинар

регулярные отчеты, доклады о собственной научной деятельности с вопросами руководителя семинара и участников семинара, как студентов, так и научных сотрудников ЛМТФ.

2. Научный семинар

регулярные отчеты, доклады о собственной научной деятельности с вопросами руководителя семинара и участников семинара, как студентов, так и научных сотрудников ЛМТФ.

3. Научный семинар

регулярные отчеты, доклады о собственной научной деятельности с вопросами руководителя семинара и участников семинара, как студентов, так и научных сотрудников ЛМТФ.

4. Научный семинар

регулярные отчеты, доклады о собственной научной деятельности с вопросами руководителя семинара и участников семинара, как студентов, так и научных сотрудников ЛМТФ.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Научный семинар по специальности

Цель дисциплины:

Знакомство обучающихся с современными достижениями в области физики конденсированных сред. Упор делается на базовые мезоскопические явления (магнетизм и сверхпроводимость исключаются, так как они будут рассматриваться в других курсах). Предполагается, что по итогам семинара обучающиеся смогут ориентироваться в широком наборе явлений таких как квантовый эффект Холла, баллистический транспорт, кулоновская блокада, квантовая интерференция, эффект Аронова-Бома, графен и двумерные материалы, топологические изоляторы.

Задачи дисциплины:

- сформировать навык работы с научными базами данных;
- развить навыки подготовки презентаций и формулирования мыслей.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

1. Основные понятия мезоскопии, низкоразмерных систем, квантовых материалов.
2. Основные источники информации для поиска научной литературы.

уметь:

1. Готовить презентации обзорных докладов заданной продолжительности по заданной теме.
2. Слушать научные доклады и задавать вопросы, вести научную дискуссию.

владеть:

1. Понятийным аппаратом в области мезоскопии и низкоразмерных систем и квантовых материалов.
2. Методами поиска статей в базах данных, проведения информационного среза и целенаправленного поиска.

Темы и разделы курса:

1. Вводный семинар.

Научные базы данных. Структура доклада.

2. Баллистический транспорт.

Квантовый точечный контакт. Формула Ландауэра.

3. Квантовая интерференция.

Слабая локализация. Эффект Аронова-Бома.

4. Проводимость в туннельном режиме.

Туннельная микроскопия и спектроскопия.

5. Квантовый эффект Холла.

Целочисленный и дробный эффект Холла.

6. Диффузионная проводимость.

Формула Друде. Эффект Холла. Двумерная гидродинамика.

7. Графен.

Спектр графена и графеноподобных материалов.

8. Спектры полупроводниковых материалов.

(кр)-приближение для расчета спектров полупроводниковых материалов.

9. Магнитосопротивление.

Магнитосопротивление металлов, двумерных систем и квантовых материалов.

10. Доклады по материалам тем собственных дипломных работ.

Доклады студентов по материалам тем магистерских дипломов.

11. Доклады по свежим научным работам.

Доклады студентов по свежим научным работам.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Научный семинар

Цель дисциплины:

- формирование у студентов навыков представления результатов научной деятельности в форме семинара или выступления на конференции, а также навыков ведения научной дискуссии.

Задачи дисциплины:

- Формирование знаний и умений, необходимых для успешного представления результатов научной деятельности в области физики высоких энергий и теоретических исследований по современным актуальным проблемам;

- формирование навыков ведения научной дискуссии.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Основные методы построения научного доклада.

уметь:

- Сделать доклад по своей работе или по работе, описанной в журнальной статье;

- ответить на вопросы по своему докладу;

- вести/модерировать научную дискуссию.

владеть:

- Навыками подготовки презентаций по проделанной работе или обзора по журнальной статье;

- общим понятийным аппаратом в области физики элементарных частиц.

Темы и разделы курса:

1. Тема бакалаврской работы. Принципы и средства написания научных работ.

Выступления студентов на научном семинаре с презентацией научной работы, выполняемой самостоятельно. В своём докладе студенты должны продемонстрировать чёткое понимание целей и задач планируемой работы, знать актуальность и современное состояние данной области исследования. Студент должен уметь отвечать на вопросы по теме исследования.

2. Текущий статус бакалаврской работы. Принципы построения научных докладов.

Выступления студентов на научном семинаре с презентацией научной работы, выполняемой самостоятельно. В докладе должны быть кратко сформулированы цели проводимого исследования, представлены способы и методы решения поставленной задачи, в заключении должны быть представлены результаты проделанной работы. Представляемый доклад должен отражать личный вклад автора в исследовательскую работу. Студент должен уметь отвечать на вопросы по теме исследования.

3. Новейшие результаты в физике элементарных частиц. Принципы и средства подготовки презентаций.

Выступления студентов на научном семинаре с обзором журнальной статьи по актуальным вопросам в области физики элементарных частиц. В докладе должны быть сформулированы цели проводимого исследования и актуальность данной темы, представлены способы и методы решения поставленной задачи, в заключении должны быть отмечены результаты работы. Студент должен уметь отвечать на вопросы по теме выбранной журнальной статьи.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Научный семинар

Цель дисциплины:

формирование у студентов навыков представления результатов научной деятельности в форме семинара или выступления на конференции, а также навыков ведения научной дискуссии.

Задачи дисциплины:

- формирование знаний и умений, необходимых для успешного представления результатов научной деятельности в области физики квантовых технологий и квантовых вычислений и теоретических исследований по современным актуальным проблемам;
- формирование навыков ведения научной дискуссии.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные методы построения научного доклада.

уметь:

- сделать доклад по своей работе или по работе, описанной в журнальной статье;
- ответить на вопросы по своему докладу;
- вести/модерировать научную дискуссию.

владеть:

- аппаратом квантовой механики и статистической физики, экспериментальными методами квантовых измерений.

Темы и разделы курса:

1. Новейшие результаты физики квантовых технологий.

Студентам дается задание прочитать научные публикации по тематике, заданной научным руководителем или руководителем семинара. Студент может также самостоятельно найти заинтересовавшую его научную публикацию. Материалы статьи или статей докладываются на семинаре.

2. Принципы построения научных докладов и презентаций.

На примерах докладов студентов по материалам рассмотренных научных публикаций анализируются ошибки, допущенные при построении докладов и презентаций. Проводится разбор презентаций.

3. Текущий контроль выполнения бакалаврской работы. Доклады по результатам решения поставленных задач.

Студенты докладывают результаты собственных исследований. Форма доклада – презентация.

4. Новейшие результаты физики квантовых технологий.

Студентам дается задание прочитать научные публикации по тематике, заданной научным руководителем или руководителем семинара. Студент может также самостоятельно найти заинтересовавшую его научную публикацию. Материалы статьи или статей докладываются на семинаре.

5. Принципы и средства написания научных работ.

На примере докладов по научным публикациям анализируются принципы построения научных публикаций.

6. Текущий контроль выполнения бакалаврской работы. Доклады по итогам выполнения научных работ.

Студенты докладывают результаты, полученные при выполнении бакалаврской работы. Форма доклада – презентация, построенная на основе подготовленной к публикации или опубликованной статьи.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Нейтронная физика и безопасность атомной энергетики

Цель дисциплины:

- изложение студентам фундаментальных знаний по структуре атомных ядер и физике процессов, взаимодействия нейтронов с ядрами тяжелых атомов;
- получение представления о формировании пространственно-энергетического распределения нейтронов в размножающих средах;
- изучение методов расчета полей нейтронов в активных зонах современных ядерных реакторов;
- изложение студентам базовых принципов обеспечения ядерной и радиационной безопасности объектов атомной энергетики;

Задачи дисциплины:

- Освоение студентами понятия сечений взаимодействия нейтронов с веществом и их энергетической зависимости;
- Изучение основных физических процессов при делении тяжелых ядер и образования осколков и продуктов деления;
- Приобретение студентами знаний о различных приближениях при решении газокинетического уравнения для пространственного, углового и энергетического распределения нейтронов в гомогенных и гетерогенных средах;
- Приобретение студентами знаний по библиотекам ядерных данных.
- Освоение студентами базовых знаний в области ядерной и радиационной безопасности.
- Ознакомление с современными программными кодами анализа безопасности АЭС.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Понятие удельной энергии связи и энергетической выгодности реакции деления тяжелых ядер.
- Основные реакции взаимодействия нейтронов с веществом.

- Энергетические интервалы нейтронов в реакторе и особенности сечений взаимодействия в каждом энергетическом интервале.
- Причины радиоактивности осколков деления и остаточного энерговыделения в ядерном реакторе.
- Порядки численных величин сечений деления и захвата нейтронов делящимися ядрами и периоды полураспада долгоживущих продуктов деления.
- Основные принципы обеспечения ядерной и радиационной безопасности АЭС и других объектов ЯТЦ.
- Физические, экологические, экономические и социальные аспекты ядерной и радиационной безопасности.

уметь:

- Пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных, прикладных задач и технологических задач.
- Производить численные оценки по порядку величины потоков нейтронов и энерговыделения в активной зоне реакторов.
- Делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах.
- Видеть в технических задачах физическое содержание.
- Получать приблизительную оценку активности облученного топлива по известному выгоранию топлива, выгружаемого из реактора.
- Осваивать новые предметные области и теоретические подходы применительно к проблеме безопасности атомной энергетики.

владеть:

- Навыками самостоятельной работы в Интернете;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- методами оценки характерных параметров процессов;
- навыками использования базовых уравнений для моделирования физических и теплогидравлических процессов при нормальной работе реактора и в аварийных ситуациях;
- методами численного моделирования пространственно-энергетического распределения нейтронов в активной зоне реактора при нормальной эксплуатации и в предаварийной ситуации.

Темы и разделы курса:

1. Атомное ядро

1. Строение и свойства атомных ядер.
2. Явление радиоактивности.
3. Альфа и бета распады ядер.

2. Ядерные реакции

1. Ядерные реакции.
2. Деление тяжелых ядер.
3. Взаимодействие нейтронов с веществом.
4. Библиотеки ядерных данных.

3. Нейтронные процессы

1. Общее описание нейтронных процессов в размножающих средах.
2. Газокинетическое уравнение Больцмана.

4. Приближения

1. P1-приближение.
2. Закон Фика.
3. Диффузионное приближение.
4. Замедление нейтронов.
5. Диффузионно-возрастное приближение.

5. Многогрупповое приближение

1. Многогрупповое диффузионное приближение.
2. Принцип построения многогрупповых констант.

6. Асимптотическая ценность нейтронов

1. Понятие и свойства ценности нейтронов.
2. Теория возмущений для реактивности.
3. Формулы теории малых возмущений.

7. Ядерная и радиационная безопасность

1. Основные понятия

2. Научные проблемы обеспечения безопасности
 3. Экономические и социальные проблемы.
 4. Безопасность АЭС на тепловых и быстрых нейтронах
8. Программные комплексы анализа безопасности
1. Обзор современных программных кодов.
 2. Анализ безопасности АЭС на тепловых и быстрых нейтронах.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Нейтронная физика

Цель дисциплины:

- освоение студентами фундаментальных знаний в области нейтронной и ядерной физики, нейтрон-ядерных взаимодействий, основ физики конденсированного состояния, экспериментальных методов исследований структуры ядер и твердых тел, а также областей их практического применения.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области нейтронной, ядерной и физики твердого тела как дисциплины, интегрирующей общезначимую и общетеоретическую подготовку физиков и обеспечивающей технологические основы современных инновационных сфер деятельности;
- обучение студентов принципам и методам современных экспериментальных исследований и создания соответствующих устройств, выявления особенностей их функциональных характеристик и их применения на базовых исследовательских установках (стационарных и импульсных реакторах, импульсных нейтронных источниках с электронными и протонными драйверами и т.д.);
- формирование подходов к выполнению самостоятельных исследований студентами в области нейтронной, ядерной физики и физики твердого тела в рамках выпускных работ на степень бакалавра.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- место и роль общих вопросов ядерной и нейтронной физики в научных исследованиях;
- теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в ядерной и нейтронной физике и ее приложениях.

уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические знания и экспериментальный опыт нейтронной, ядерной физики и физики твердого тела;

- работать на современном экспериментальном оборудовании;
- планировать оптимальное проведение эксперимента.

владеть:

- планированием, постановкой и обработкой результатов физического эксперимента;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории на современном экспериментальном оборудовании;
- математическим моделированием физических задач.

Темы и разделы курса:

1. Введение.

Открытие нейтрона. Нейтронно-протонная модель ядра. Нейтрон - основа развития современной ядерной физики, физики твердого тела и ядерной техники.

2. Свойства нейтрона.

Свойства нейтрона. Определение массы, спина, магнитного момента и времени жизни. Поиски электрического заряда и электрического дипольного момента нейтрона.

3. Источники нейтронов.

Ядерные реакции с заряженными частицами, (α, n) - источники. Фотонейтронные источники. Нейтронные генераторы. Импульсный источник нейтронов в ИЯИ РАН. Природные источники нейтронов. Нейтроны деления. Цепная реакция деления. Ядерные реакторы на тепловых, резонансных и быстрых нейтронах. Каскадно-испарительный процесс. Реакция термоядерного синтеза - $T(d, n)He^3$.

4. Взаимодействие нейтронов с веществом. Замедление нейтронов.

Упругое и неупругое рассеяние. Захват. Замедление и диффузия нейтронов. Прохождение нейтронов через большие толщи вещества (радиационная защита). Равновесное распределение тепловых нейтронов по скоростям. Ультра-холодные нейтроны.

5. Детекторы нейтронов и нейтронная спектроскопия.

Времяпролетный метод спектрометрии нейтронов. Кристаллический спектрометр. Метод свинцовой призмы. Детекторы медленных и тепловых нейтронов, содержащие ^{10}B и 6Li . 3He счетчики. Камеры деления. Пропорциональные водородосодержащие счетчики для регистрации быстрых и промежуточных нейтронов. Сцинтилляционные детекторы для регистрации быстрых и тепловых нейтронов. Полупроводниковые детекторы нейтронов. Детекторы, основанные на замедлении нейтронов. Нейтронный комплекс ИЯИ РАН.

6. Хранение нейтронов в замкнутых сосудах и магнитных ловушках.

Элементарная теория хранения ультра-холодных нейтронов в замкнутых сосудах. Основные результаты по хранению нейтронов. Взаимодействие нейтронов с магнитным полем. Отражение ультра-холодных и холодных нейтронов от магнитных полей. Эксперименты по магнитному хранению ультра-холодных и холодных нейтронов.

7. Ультра-холодные нейтроны и фундаментальные эксперименты их с применением.

Стандартная модель V-A слабого взаимодействия. Определение векторной и аксиально-векторной константы связи в опытах по изучению распада нейтрона. Исследование угловой электрон–спиновой корреляции на пучках поляризованных нейтронов. Проблема прецизионного измерения времени жизни нейтрона методом хранения ультра-холодных нейтронов.

8. Нейтроны в космических лучах.

Источники нейтронов в космических лучах. Нейтронный монитор. Вариации космических лучей. Источники нейтронов в ШАЛ. Эксперименты по изучению адронной компоненты ШАЛ с помощью тепловых нейтронов. Проекты PRISMA и ENDA-LHAASO.

9. Изучение геофизических процессов с помощью нейтронов в ИЯИ РАН.

Сезонный эффект. Приливные волны. Поведение нейтронного фона во время гроз и землетрясений.

10. Нейтроны под землей.

Нейтроны и подземная физика. Барометрический пампинг-эффект для подземных нейтронов. Собственные колебания Земли и нейтроны.

11. Практическое применение нейтронов.

Нейтроннография и неразрушающий контроль. Область применения. Примеры. Приложения.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Некоторые вопросы теоретической физики

Цель дисциплины:

Освоение студентами фундаментальных знаний в области теоретической физики, изучение способов теоретического описания классических и квантовых свойств различных физических систем, а также получение навыков применения данных знаний на практике. Курс предполагает изучение нескольких задач из различных областей физики.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области теоретической физики, которые впоследствии позволят студентам проводить исследования в таких областях современной физики как физика конденсированного состояния вещества, физика фундаментальных взаимодействий, теоретическая астрофизика;
- обучение студентов методам теоретической физики на примерах модельных задач (частица на кольце и др.) и реальных физических явлений (эффект Ааронова-Бома, квантовый парадокс Зенона и др.);
- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области теоретической физики и астрофизики в рамках выпускных работ на степень бакалавра.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- современные проблемы физики, математики;
- теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике;
- современные подходы к теоретическому описанию физических явлений;
- принципы симметрии и законы сохранения;
- новейшие открытия естествознания;
- о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;
- производить теоретическое описание различных физических явлений.

владеть:

- современными методами теоретической физики;
- научной картиной мира;
- навыками самостоятельного теоретического анализа физических явлений.

Темы и разделы курса:

1. Основания квантовой теории

1) Лагранжев формализм в классической физике. Гамильтонов формализм в классической физике. Классическое пространство состояний. Гамильтонов формализм в квантовой физике. Квантовое пространство состояний. Квантовые наблюдаемые. Соответствие между классической и квантовой теориями.

2) Различные базисы в квантовой механике. Вычисление матричных элементов наблюдаемых. Эволюция в квантовой механике. Оператор эволюции. T -упорядоченная экспонента.

2. Функциональный интеграл в квантовой механике

1) Построение функционального интеграла исходя из операторного формализма. Дискретная форма и непрерывный предел.

2) Получение функционального интеграла с действием в лагранжевой форме. Связь с классической теорией. Источники. T -упорядоченные корреляторы как результат вычисления с помощью функционального интеграла.

3) Решение задачи о свободной частице. Квазиклассический метод вычисления функционального интеграла. Роль экспоненты как лидирующего вклада и возникновение функционального детерминанта.

4) Функциональные детерминанты и теорема Гельфанда-Яглома. Общий ответ для амплитуды перехода в квазиклассическом приближении.

5) Точное решение задачи о гармоническом осцилляторе. Теория возмущений на языке функционального интеграла. Ангармонические поправки.

6) Квазиклассическая плотность состояний в квантовой механике.

3. Основания квантовой статистической физики

1) Чистые и смешанные состояния. Состояния сложной системы и подсистемы. Тензорное произведение. Матрица плотности. Матрица плотности подсистемы. Эволюция матрицы плотности. Измерение. Квантовый парадокс Зенона.

2) Распределение Гиббса. Мацубаровские корреляторы и их свойства. Аналитическое продолжение.

4. Функциональный интеграл в статистической физике

1) Функциональный интеграл во мнимом времени. Евклидово действие. Источники и мацубаровские средние.

2) Точное решение для гармонического осциллятора. Теория возмущения и ангармонические поправки.

3) Задача о расщеплении основного состояния в двухъямном потенциале. Постановка задачи и квазиклассический подход к её решению. Инстантон.

4) Двухъямный потенциал, часть 2. Действие инстантона. Интегрирование по нулевой моде.

5) Двухъямный потенциал, часть 3. Вычисление редуцированного функционального определителя и предэкспоненциального множителя. Получение и анализ окончательного ответа.

5. Частица на кольце

Основания квантовой электродинамики. Лагранжиан частицы в электромагнитном поле. Гамильтониан частицы в электромагнитном поле. Импульс частицы в поле. Оператор тока. Калибровочная инвариантность квантовой теории.

Решение задачи о частице на кольце в операторном формализме. Собственные состояния. Статсумма. Средние значения от наблюдаемых. Статистика тока.

Решение с помощью функционального интеграла. Интегрирование по компактной переменной. Число намоток. Топологический характер взаимодействия с ЭМП в задаче. Преобразование Пуассона и согласование ответов, полученных в обоих подходах.

6. Топологические решения в теории поля и физике конденсированного состояния

Классические солитоны и уединённые волны. Топологические индексы. Солитоны в модели Синус-Гордона.

Многомерные решения. Теорема вириала. Топологические сектора и гомотопический класс полевой конфигурации. Нелинейная О(3)-модель: изотропный ферромагнетик

Гомотопическое рассмотрение систем конденсированных сред. Вихри Абрикосова в сверхпроводниках. Взаимодействие вихрей в квазидвумерных сверхпроводниках. Физические следствия наличия вихрей в сверхпроводниках. Сопротивление.

Переход Березинского-Костерлица-Таулесса и его проявления в двумерных сверхпроводниках.

Проскальзывания фазы в квазиодномерных сверхпроводниках. Дуальные переменные. БКТ-переход и разрушение сверхпроводимости в квазиодномерном случае.

Квантование статических решений. Общие принципы квазиклассического квантования. Кинк в 1+1 измерениях и его возбуждённые состояния.

Топологические решения в калибровочных теориях. Монополюс тХоффта-Полякова.

7. Открытые квантовые системы

Открытые квантовые системы. Бана. Уравнение для редуцированной матрицы плотности системы в присутствии бани.

Уравнение Линдблада. Супероператор Линдблада. Основные свойства уравнения Линдблада. Получение уравнений на наблюдаемые. Стационарное решение уравнения Линдблада для осциллятора, взаимодействующего с равновесной баней.

Различные представления квантовых операторов. Функция Вигнера. Эволюция функции Вигнера. Классическая аналогия. Квантовые поправки к динамике.

Квантовая оптика. Атом в переменном поле. Построение эффективной модели в приближении вращающейся волны.

Резонансная флюоресценция. Спектр вынужденного излучения.

8. Динамика квантовых систем

Уравнение фон Неймана. Функциональный интеграл для эволюции матрицы плотности. Контур Келдыша.

T-упорядоченные средние. Келдышевский поворот. Запаздывающие, опережающие и келдышевские корреляционные функции и их аналитические свойства.

Источники и средние. Вычисление наблюдаемых в технике Келдыша. Функции отклика. Формула Кубо.

9. Диссипация в квантовых моделях

Модель Калдейры-Леггетта. Бесконечная баня как источник диссипации. Интегрирование по степеням свободы бани. Эффективное диссипативное действие.

Функционал влияния. Спектральная плотность бани. Диссипация и флуктуации, вызванные баней. Флуктуационно-диссипационная теорема.

Шум как следствие наличия бани. Классический и квантовый предел. Явное вычисление средних и корреляционных функций.

Диссипативное туннелирование. Задача о двухуровневой системе, подключённой к бане.

Джозефсоновский контакт, шунтированный сопротивлением. Проскальзывания фазы в контакте. Квантовый фазовый переход Шмида.

Вариационный метод Фейнмана-Кляйнерта. Эффективное классическое действие.

Применение вариационного метода к описанию БКТ-перехода и перехода Шмида.

10. Методы функционального описания небозонных систем

Функциональное интегрирование по фермионным полям. Грассмановы переменные. Алгебра Грассмана и основные операции в ней.

Континуальный интеграл для спиновых систем.

11. Методы изучения взаимодействующих систем

Взаимодействующий кулоновский газ. Преобразование Хаббарда-Стратановича и получение эффективного действия в терминах коллективных полей.

Электродинамика электронной жидкости. Поляризационный оператор. Плазмон.

Магнитные явления в электронных системах. Обменное взаимодействие. Стонеровская неустойчивость.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Нелинейная оптика

Цель дисциплины:

– дать студентам базовые знания в области нелинейной оптики – важнейшем разделе современной оптики. Курс ориентирован в основном на подготовку физиков-экспериментаторов, которые могут использовать лазерное излучение для проведения исследований.

Задачи дисциплины:

– ознакомить студентов с основными механизмами нелинейного взаимодействия света со средами и основными проявлениями нелинейных механизмов при распространении лазерных пучков. При этом слушатели получают необходимые сведения для проведения собственных оценок и расчетов нелинейных эффектов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- перечень основных механизмов нелинейного взаимодействия света со средами;
- классификацию эффектов проявления нелинейного взаимодействия света со средами;
- основные методы количественного описания нелинейных эффектов;
- основные примеры использования нелинейно-оптических явлений в современной лазерной технике и аппаратуре.

уметь:

- оценивать возможные вклады нелинейных механизмов в реальных лазерных установках и приборах;
- выявлять доминирующие нелинейные механизмы в конкретных условиях работы лазерных установок и приборов;
- предлагать меры по устранению либо усилению нелинейно-оптических эффектов.

владеть:

- методами оценок и количественного анализа нелинейных явлений в оптических лазерных установках и приборах;
- приемами практического выявления нелинейных эффектов и управления ими в лазерных установках и оптических измерительных схемах.

Темы и разделы курса:

1. Нелинейные механизмы взаимодействия света со средами.

Что нелинейно в нелинейной оптике, принцип суперпозиции для поляризации среды. Нелинейно-оптические явления. Механизмы нелинейного взаимодействия излучения со средами: классификация.

2. Нерезонансные нелинейные явления второго порядка.

Электронные нелинейности, нерезонансное взаимодействие. Описание явлений. Генерация второй гармоники (ГВГ), разделение уравнений. Простейший осциллятор как модель нелинейности, правило Миллера. Замечание о квантовой модели.

Решение уравнений ГВГ. Переход от волнового уравнения к уравнениям для медленных амплитуд. Точный синхронизм, слабое преобразование. Роль расстройки при слабом преобразовании. Точный синхронизм, полная перекачка энергии. Факторы, ограничивающие эффективность преобразования.

Генерация суммарной и разностной частот. Типы синхронизмов. Вторая гармоника как генерация суммарной частоты. Типы синхронизмов. Соотношения Мэнли-Роу.

Оптическое детектирование, генерация терагерцового излучения. Электрооптический эффект. Периодически поляризованные кристаллы.

Параметрическая генерация света. Основные свойства спонтанного параметрического рассеяния света. Параметрическое усиление света.

3. Нерезонансные нелинейные явления третьего порядка.

Электронные нелинейности, нерезонансное взаимодействие. Явления третьего порядка. Две группы кубических нелинейных явлений. Генерация третьей оптической гармоники.

Четырех-волновые смещения в нелинейной оптике. Обращение волнового фронта.

Самофокусировка излучения. Фазовая самомодуляция излучения. Самодифракция излучения.

Нелинейный показатель преломления среды. Роль стрикционного и ориентационного механизмов нелинейности. Наведенное двулучепреломление в средах. Самовращение эллипса поляризации излучения.

Поляризационные эффекты нелинейного показателя преломления. Самовращение эллипса поляризации излучения.

Методы измерения констант нелинейного взаимодействия. Метод возбуждения и зондирования. Метод z-сканирования.

4. Резонансные нелинейные явления.

Электронные нелинейности, резонансное взаимодействие. Полуклассическая модель. Балансные уравнения для населенностей атомов/молекул среды.

Задача о просветлении среды, изменение показателя преломления.

5. Явления вынужденного рассеяния света.

Вынужденное комбинационное рассеяние (ВКР). Спонтанное рассеяние в качестве затравки ВКР. Роль четырехволновых процессов при ВКР.

Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюена (ВРМБ). Спонтанное рассеяние в качестве затравки ВРМБ. ВРМБ как нелинейный процесс третьего порядка. Применение ВРМБ для обращения волнового фронта.

6. Другие нелинейные явления.

Обзор не затронутых тем нелинейной оптики: фоторефрактивные нелинейности, плазменные нелинейности, нелинейность «вакуума».

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Нелинейные и квантовые эффекты в оптике

Цель дисциплины:

овладение обучающимися методами конструирования и сборки интерферометрических оптических схем для создания и исследования свойств кубитов.

Задачи дисциплины:

- освоение культуры современного оптического эксперимента, а также техники безопасности при работе с оптическим излучением и бережного обращения с оптическим оборудованием. Решенные в данном практикуме задачи могут быть в дальнейшем адаптированы для исследования кубитов и кутритовв исследовательской деятельности студентов после прохождения данного курса.
- обучение грамотному оформлению результатов экспериментов, с учетом возможных ошибок и погрешностей, их последующей обработке, а также представлению результатов для оценки преподавателем.
- получение студентами начальных компетенций для работы со сложным научным оборудованием, основанным на оптических методах.
- выявление у студентов склонности к экспериментальной работе, что позволит им подготовиться к выполнению исследовательских проектов в научных лабораториях.
- развитие творческих навыков постановки научных задач.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Основные оптические методы исследования, применяемые в линейной и нелинейной оптике.

Основные объекты и явления, исследование которых возможно оптическими методами.

Научные задачи, над которыми работают в оптических лабораториях - партнерах образовательной программы.

Технику безопасности и правила работы с оптическим научным оборудованием.

уметь:

Собирать из оптических компонент интерференционные схемы с использованием когерентных монохроматических и широкополосных источников излучения.

Юстировать оптические схемы, собранные из различных оптических компонент.

Планировать эксперимент для решения научной задачи с использованием оптических методов.

Собирать, обрабатывать и представлять результаты оптического эксперимента. При этом учитывать возможные ошибки и погрешности эксперимента.

Использовать теоретические модели для описания линейных и нелинейных оптических эффектов.

владеть:

Экспериментальными оптическими методами решения научных задач, использующими явление интерференции и процесса спонтанного параметрического рассеяния света, включая понятийный аппарат и технику сборки оптических схем.

Методами анализа и обработки экспериментальных данных, получаемых оптическими методами.

Темы и разделы курса:

1. Оптический кубит на основе интерферометра Маха - Цендера.

Основные оптические элементы линейной оптики. Делители луча и фазовращатели. Унитарные операторы. Пространственные моды как базисные состояния. Интерферометр Маха – Цендера как элемент пространства $U(2)$. Универсальность линейной оптики и схема Река-Цайлингера для построения произвольного унитарного оператора $U(N)$.

2. Методы управления фазой световой волны в интерферометре Маха - Цендера.

Юстировка оптических схем. Автоматизация физического эксперимента. Программирование на микроконтроллере Arduino. Схемы с обратной связью.

3. Оптическая запутанность и интерферометрические измерения.

Квантовая метрология. Алгоритм оценки фазы на основе квантового преобразования Фурье. Алгоритм Китаева. Квантовое преобразование Фурье в линейной оптике. Протокол Нилла-Лафламма-Милберна.

4. Минимизация влияния вибраций на видность интерференционной картины.

Уровень точности измерений в современной оптике. Приборы формирующие изображение, интерферометрия, голография, ближнеполевая оптика, твёрдотельная иммерсия. Некоторые стандартные методы и приборы в оптических измерениях. Ретрорефлекторы, пентапризма, телескоп, микроскоп, фотоаппарат, оптические столы и подвижки, требования к затемнению.

5. Изучение процесса спонтанного параметрического рассеяния света (получение бифотонов).

Нелинейно-оптические кристаллы в квантовой оптике. Спонтанное расщепление фотонов, работа Бронштейна. Нелинейные кристаллы: одноосные кристаллы, положительные и отрицательные одноосные кристаллы, основные характеристики нелинейных кристаллов важные для конкретных приложений. Скалярный и векторный фазовый синхронизм. Синхронизм первого типа в кристалле ВВО. Синхронизм второго типа в кристалле ВВО.

6. Использование запутанных состояний фотонов в квантовой оптике.

Корреляции фотонов. Некоторые эксперименты квантовой оптики. Принципы квантовой фотометрии с использованием перепутанных состояний фотонов, генерируемых в процессе спонтанного параметрического рассеяния света в нелинейном кристалле. Понятие об экспериментальной проверке неравенств Белла.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Немецкий язык

Цель дисциплины:

Формирование межкультурной профессионально ориентированной коммуникативной компетенции на начальном уровне A1+ (A2.1) (по Общеввропейской шкале уровней владения иностранными языками) для решения социально-коммуникативных задач в различных областях бытовой, культурной, профессиональной и научной деятельности при общении с зарубежными партнерами, а также для дальнейшего самообразования.

Задачи дисциплины:

Задачи формирования межкультурной профессионально ориентированной коммуникативной компетенции состоят в последовательном овладении студентами совокупностью субкомпетенций, основными из которых являются:

- лингвистическая компетенция, т.е. способность корректно использовать в устном общении и адекватно понимать при чтении смысл иноязычных текстов, основываясь на знании наиболее частотных словообразовательных и структурно-семантических моделей, типичных словосочетаний, текстовых коннекторов, на владении речевыми средствами, тематически связанными с академической/профессиональной сферой;
- социолингвистическая компетенция, т.е. способность понимать и адекватно использовать социально/регионально/ситуативно обусловленные лексико-грамматические формы, опираясь на страноведческие знания о формулах вежливости и речевого этикета, варьируя в зависимости от ситуации официальный/неофициальный регистры общения;
- социокультурная компетенция, т.е. умение учитывать в общении речевые и поведенческие модели, принятые в соответствующей культуре;
- социокультурная компетенция, т.е. способность учитывать в общении особенности традиций и обычаев немецкоязычных стран;
- дискурсивная компетенция, т.е. способность логически, последовательно и убедительно организовывать речь, используя различные приемы получения и передачи информации при письменном/устном общении;
- стратегическая компетенция, т.е. способность использовать разные виды чтения и варьировать формат устного общения для поддержания успешного взаимодействия;
- компенсаторная компетенция, т.е. способность предупредить недопонимание и преодолеть коммуникативный барьер за счет использования известных речевых и метаязыковых средств;

– общая компетенция, включающая наряду со знаниями о стране и мире, об особенностях языковой системы также и способность расширять и совершенствовать собственную картину мира, самостоятельно приобретать знания, ориентироваться в медийных источниках информации.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Основные факты, реалии, имена, достопримечательности, традиции немецкоязычных стран;
- некоторые достижения, открытия, события из области истории, культуры, политики, социальной жизни немецкоязычных стран;
- основные фонетические, лексико-грамматические, стилистические особенности немецкого языка и его отличие от родного языка;
- основные различия письменной и устной речи.

уметь:

- Понимать/интерпретировать устные и письменные аутентичные тексты по изученным темам;
- порождать адекватные в условиях конкретной ситуации общения устные и письменные тексты;
- воздействовать на партнера с помощью различных коммуникативных стратегий;
- проявлять толерантность, эмпатию, открытость при общении;
- выявлять сходство и различия в системах родного и иностранного языка;
- пользоваться современными мультимедийными средствами.

владеть:

- Межкультурной профессионально ориентированной коммуникативной компетенцией в формате делового/неофициального общения на уровне A1+ (A2.1);
- стратегиями общения, принятыми в профессиональной среде, с учетом менталитета и культурных особенностей представителей немецкоязычных стран;
- речевыми средствами для общения на общебытовые/академические/деловые темы;
- некоторыми типами частной и деловой корреспонденции в объеме изученных тем;
- учебными стратегиями и технологиями для эффективной организации своей учебной деятельности.

Темы и разделы курса:

1. Знакомство, представление. Анкетные данные.

Коммуникативные задачи: здороваться, прощаться, понимать формулы вежливости. Представиться, сообщить, запросить анкетные данные: имя, возраст, место рождения, место проживания, владение иностранными языками, хобби. Называть страны, языки. Произнести по буквам имя, фамилию.

Лексика: приветствие, прощание, формулы вежливости. Города Германии, Австрии, Швейцарии. Анкетные данные: имя, возраст, семья. Страны, города, языки, профессии, любимые занятия. Оценочные реплики в диалоге.

Грамматика: личные местоимения в номинатив. Спряжение слабых/сильных глаголов в настоящем времени. Глаголы *haben*, *sein*. Простое повествовательное предложение. Вопросительные слова и вопросительное предложение. Притяжательный артикль. Местоимение *man*. Предлоги *in*, *aus*.

Фонетика: вводный фонетический курс. Буквы и звуки. Алфавит. Интонация повествовательного и вопросительного предложения.

2. Профессия и семья

Коммуникативные задачи: называть некоторые профессии. Называть офисные предметы и предметы повседневного обихода. Вести диалог о профессии: профессия, основной род занятий по профессии. Понимать числительные на слух. Понимать количественную информацию о странах и языках. Называть числительные: номер телефона, номер автомобиля. Описать диаграмму с информацией о языках. Понимать короткий рассказ о членах семьи: степени родства, профессия, увлечения. Рассказать о семье, семейном положении. Вести диалог-знакомство.

Лексика: профессия и род занятий по профессии. Предметы повседневного обихода и на рабочем месте. Числительные. Семья. Степени родства, семейное положение.

Грамматика: словообразование (суффикс *-in*). Спряжение глаголов в настоящем времени (*entwickeln*, *lesen*, *haben*). Грамматический род существительных. Определенный, неопределенный, отрицательный, притяжательный артикль. Количественные числительные. Множественное число существительных.

3. Город. Гостиница.

Коммуникативные задачи: называть некоторые деловые цели поездки в другой город. Понимать диалог с официантом в кафе. Заказать еду и напитки, оплатить еду в кафе. Задать вопрос о стоимости. Понимать/вести диалог при встрече с давним знакомым в городе, рассказать о себе, о профессии и профессиональных обязанностях. Задавать вопросы о посещении городов, давать положительный/отрицательный ответ. Назвать города, которые посетили, и дать им оценку. Заполнение формы с персональными данными. Понимать диалог у стойки регистрации в отеле. Понимать страноведческий текст с описанием города. Вести диалог у стойки регистрации: забронировать номер, заполнить анкету. Написать письмо другу с описанием своих действий в чужом городе. Письменный запрос информации в туристическом бюро.

Лексика: город, гостиница. В кафе: еда и напитки, заказ блюд и оплата. Вежливая просьба. Важные места, здания, действия в городе. Формальное/неформальное обращение и прощание в письмах.

Грамматика: аккузатив существительных. Глагол *möchte*. Место сказуемого в предложении с модальным глаголом. Глагол *sein* в презенсе и претерите.оборот *es gibt*. Обстоятельства места и времени (*heute/morgen, jetzt/gleich/danach*).

4. Распорядок дня. Повседневные дела на работе.

Коммуникативные задачи: понимать на слух, называть время по часам, длительность. Вести мини-диалоги о повседневных делах и наличии времени в определенный день недели. Задавать и отвечать на вопросы о времени и длительности события. Согласовать время встречи с друзьями. Понимать короткий текст о распорядке дня. Формулировать вопросы/ответы о распорядке дня. Понимать основные речевые обороты в разговоре по телефону. Запросить/дать информацию. Согласовать по телефону деловую встречу. Найти конкретную информацию в объявлениях.

Лексика: время по часам, длительность. Дни недели и время суток. Распорядок дня. Повседневные дела. Речевые обороты в телефонных переговорах.

Грамматика: вопросительные слова к обстоятельствам времени. Временные предлоги. Сильный глагол *fahren*. Обратный порядок слов в предложении. Модальный глагол *können*. Глагольные приставки.

5. Еда и питье

Коммуникативные задачи: понимать текст о любимых напитках и блюдах в немецкоязычных странах. Назвать традиционные национальные блюда на завтрак, обед и ужин. Задавать, отвечать на вопросы на тему еды. Понимать текст о ресторанах. Понимать/вести диалог в ресторане. Заказать еду в ресторане. Задать, ответить на вопросы о качестве, вкусе еды. Формулировать просьбы, реагировать на просьбы на тему еды. Запросить, дать информацию о еде. Оплатить еду в ресторане. Понимать текст о традиционных немецких лакомствах. Заказать столик в ресторане.

Лексика: еда и напитки. Здоровое питание. Предпочтения в еде. Традиционные национальные блюда. Посуда, столовые приборы, кухонная утварь. Речевые средства: просьба, согласие, отказ.

Грамматика: глаголы *mögen, essen*. Род сложных существительных. Вежливая просьба (*ich hätte gern...*). Отрицание *kein/nicht*, место отрицания в предложении. Предлог *ohne*. Сильное склонение прилагательных в *Nominativ/Akkusativ*.

6. Университет, учеба, образование

Коммуникативные задачи: понимать на слух беседу в офисе о прошедших событиях. Понимать текст о распорядке дня, событиях в прошедшем времени. Задавать вопросы, давать ответы о действиях в прошлом, о причине действий. Задавать вопросы и отвечать на вопросы о времени совершения действия в прошедшем времени, о действиях в прошлом. Написать письмо с описанием событий на прошлой неделе. Понимать общее содержание текста об учебе в университете на слух. Детально понимать содержание письменного текста об университетах и образовании. Понимать конкретную информацию в объявлениях. Называть подразделения и службы университета. Рассказать об учебе в университете.

Лексика: повседневные занятия и распорядок дня в прошедшем времени. Светская беседа. Университеты и институты. Подразделения и службы университета. Образование.

Грамматика: образование перфекта. Претерит глаголов haben, sein. Образование Partizip II. Сочинительные союзы (und), порядок слов в сложносочиненном предложении.

7. В дороге. Погода. Транспортные средства. Отпуск.

Коммуникативные задачи: понимать текст о популярных в Германии транспортных средствах. Вести диалог о транспортных средствах. Понимать короткие сообщения о пользовании транспортными средствами. Понимать объявления на вокзале, в аэропорту. Понимать информацию о временах года и погоде. Вести мини-диалог о пользовании транспортными средствами. Вести дискуссию о транспортных средствах. Понимать на слух диалог об отпуске. Понимать/написать короткое письмо-открытку о впечатлениях от отпуска. Задавать, отвечать на вопросы об отпуске: время поездки, цель путешествия, длительность, времяпрепровождение в отпуске.

Лексика: общественный и личный транспорт. Транспортные средства. Времена года. Месяцы. Погода. Отпуск. Времяпрепровождение в отпуске.

Грамматика: датив существительных. Притяжательные местоимения. Временной предлог (in). Обстоятельства места/направления (локальные предлоги). Модальный глагол wollen.

8. Покупки. Одежда.

Коммуникативные задачи: называть вещи, необходимые для путешествия. Задавать вопросы и отвечать на вопросы о вещах (что взять в поездку). Указать причину. Интервью на тему одежды. Понимать текст на тему моды. Обсудить план похода по магазинам. Понимать/вести диалог в магазине. Вести дискуссию о покупках (магазин/интернет). Кратко описать график. Задавать вопросы, отвечать на вопросы на тему покупок.

Лексика: вещи, необходимые для путешествия. Предметы одежды и мода. Цвета. Покупки в магазине и Интернете.

Грамматика: предлог ohne. Сочинительный союз denn. Слабое и смешанное склонение прилагательных. Nominativ/Akkusativ. Модальный глагол müssen.

9. Работа. Проблемы на рабочем месте. Деловые встречи.

Коммуникативные задачи: описать виды деятельности на работе, в офисе. Рассказать о произошедших событиях. Описать проблемы. Понимать телефонный разговор – согласование деловой встречи. Понимать конкретную информацию короткого диалога по телефону. Позвонить в сервисную службу. Понимать текст о пунктуальности. Найти конкретную информацию на визитной карточке. Назвать причину опоздания. Обсудить статистические данные.

Лексика: работа в офисе. Профессия. Технические проблемы в работе. Согласование встреч. Даты. Речевые средства для разговора по телефону. Время и пунктуальность.

Грамматика: перфект. Обстоятельства времени. Порядковые числительные. Личные местоимения в Akkusativ. Временные предлоги (срок – длительность).

10. Свободное время и здоровье

Коммуникативные задачи: понимать сообщения об организации досуга. Рассказать о проведении свободного времени. Вести беседу на вечеринке. Называть части тела. Договориться о приеме у врача, вести разговор с врачом. Давать советы на тему здорового образа жизни. Беседовать о тенденциях в проведении свободного времени.

Лексика: организация досуга и современные тенденции в проведении свободного времени. Светская беседа на тему свободного времени. Части тела. Болезни и здоровье. Посещение врача.

Грамматика: глагол *sollen*. Повелительное наклонение. Сочинительные союзы *aber* и *oder*.

11. Жилищные условия. Квартира и мебель. Жилищные объявления. Описание дороги. Правила пользования жилым помещением.

Коммуникативные задачи: понимать общую информацию текста на тему жилищных условий. Описать квартиру и обстановку. Назвать преимущества и недостатки разных форм проживания. Понимать жилищные объявления и реагировать на них. Описать дорогу. Побеседовать о работе по хозяйству.

Лексика: жилищные условия. Квартира и мебель. Поиски жилья и жилищные объявления. Описание дороги. Правила пользования жилым помещением. Работы по хозяйству.

Грамматика: глагол превосходная степень прилагательных. Обстоятельства места. Модальный глагол *dürfen*. Личные местоимения в *Dativ*.

12. Достопримечательности. Музеи. Туристическая информация. Праздники. Поздравления. Приглашения.

Коммуникативные задачи: понимать на слух общую информацию о достопримечательностях. Детально понимать информацию о достопримечательностях в туристическом каталоге. Дать информацию о времени работы музея, стоимости билетов. Перечислить достопримечательности, которые стоит посетить, и обосновать выбор. Запросить по телефону информацию о музее. Понимать светскую беседу на тему достопримечательностей. Сформулировать поздравление к празднику. Написать приглашение, письменно ответить на приглашение.

Лексика: автобиография, профессии, школа, система образования в Германии.

Грамматика: глагол *werden*, претерит модальных глаголов.

13. Загородные экскурсии: местности, ландшафты, архитектурные сооружения. Животные.

Коммуникативные задачи: понимать устную информацию о достопримечательностях. Называть виды ландшафтов и архитектурных сооружений. Понимать информацию в туристическом каталоге о местах загородных экскурсий. Понимать устные рассказы о загородных экскурсиях. Поддержать беседу на тему загородной прогулки. Сравнить предлагаемые маршруты. Назвать популярные туристические маршруты в Германии. Сделать презентацию популярной загородной экскурсии в родной стране. Спланировать в диалоге загородную прогулку и рассказать о ней. Запросить/понять информацию об экскурсиях в туристическом бюро. Запросить по телефону информацию о режиме работы, ценах на билеты в зоопарке. Поддержать разговор о животных.

Лексика: загородные экскурсии - местности, ландшафты, архитектурные сооружения. Информация в туристических каталогах. Животные.

Грамматика: степени сравнения прилагательных (повт.). Превосходная степень прилагательных. Сравнительные обороты. Родительный падеж. Локальные предлоги: местоположение/направление.

14. Здоровое питание. Национальные блюда. Посещение ресторана.

Коммуникативные задачи: понимать диалог в продуктовом магазине. Понимать общее содержание биографического текста на слух. Понимать тексты о национальных привычках в еде. Участвовать в разговоре о продуктах питания. Описать/сравнить в диалоге свою покупательское поведение. Вести диалог в продуктовом магазине, на рынке. Описать действия при приготовлении пищи. Понимать диалог в ресторане. Понимать текст о национальных блюдах. Понимать/написать в письме информацию о ресторане. Заказать еду в ресторане и высказать претензию.

Лексика: продукты питания. Еда в Германии. Покупка продуктов. Повара и приготовление пищи. Национальные блюда. Речевые клише при посещении ресторана.

Грамматика: придаточные дополнит. (dass-Sätze). Слабое и сильное склонение прилагательных. Глаголы в претерите. Модальные глаголы в претерите. Употребление временных форм глаголов.

15. Работа в офисе. Согласование деловой встречи по телефону. Технические проблемы на рабочем месте.

Коммуникативные задачи: понимать на слух общее содержание текста с описанием деятельности на работе. Понимать телефонный разговор о согласовании встречи. Детально понимать текст с описанием деятельности на работе. Рассказать о планировании рабочего времени. Понимать диалог на тему работы. Понимать по телефону сообщения о проблемах на работе. Согласовать по телефону деловую встречу, дружескую встречу. В деловом письме перенести/отменить встречу. Передать по телефону информацию для третьего лица. Понимать правила делового этикета. Рассказать о правилах делового этикета в своей стране.

Лексика: дата, время. Согласование деловой встречи по телефону. Технические проблемы на рабочем месте. Передача информации третьему лицу.

Грамматика: временные предлоги. Обстоятельства времени. Глаголы с дополнением в аккузатив, датив, аккузатив/датив. Личные местоимения в аккузатив, датив. Косвенный вопрос. Прямые и косвенные вопросы.

16. Распорядок дня. Профессии и профессиональная деятельность. Система школьного образования в Германии. Резюме.

Коммуникативные задачи: понимать устный/письменный текст о распорядке рабочего дня. Понимать радиоинтервью на тему школы. Детально понимать текст об учебе в школе. Понимать текст о системе школьного образования в Германии. Понимать описание профессиональных обязанностей. Провести интервью об опыте учебы в школе и обобщить результаты. Рассказать о системе образования в своей стране. Описать графическую информацию о популярных профессиях в Германии. Понимать радиоинтервью об учебе в университете Австрии. Понимать резюме. Рассказать о своем образовании. Запросить информацию об учебе в университете.

Лексика: распорядок рабочего дня. Профессии и виды профессиональной деятельности. Воспоминания о школе. Система школьного образования в Германии. Резюме.

Грамматика: возвратные глаголы. Глаголы с предложным дополнением. Придаточные условные (wenn) (10a, b). Придаточные дополнительные (dass, ob).

17. Семейные торжества. Факторы счастья.

Коммуникативные задачи: понимать текст о факторах счастья. Понимать диалог с продавцом в магазине. Провести небольшой опрос на тему счастья/удачи, рассказать о результатах опроса. Рассказать о семье, родственниках. Расспросить о родственниках. Понимать текст свадебных традициях в Германии. Рассказать о свадебных традициях в России. Называть подарки. Провести опрос на тему покупок/покупательского поведения. Вести диалог с продавцом в магазине. Договориться с друзьями о совместном походе в магазин за подарком.

Лексика: удовлетворенность, факторы счастья. Семья. Степени родства. Семейные торжества, свадьба. Приглашения и пожелания. Подарки. Отделы и товары в магазине.

Грамматика: придаточные дополнительные (повтор.). Придаточные причины (weil). Обстоятельства причины с союзами weil и denn. Неопределенный артикль как замена существительного. Порядок дополнений датив/аккузатив в предложении.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Нерелятивистская механика частиц и полей: векторный анализ и симметрии

Цель дисциплины:

Изучение универсального формализма описания частиц и полей в единых для классической и квантовой механики понятиях в нерелятивистском случае с использованием векторного анализа и симметрий действия.

Задачи дисциплины:

Описание ключевых характеристик движения в лагранжевой и гамильтоновой механике при наличии симметрий.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Законы гамильтоновой и лагранжевой механики, алгебры Ли, основы диф.геометрии, векторный анализ, инвариантное действие

уметь:

Получать характеристики движения из лагранжиана

владеть:

Навыками тензорного исчисления

Темы и разделы курса:

1. Динамика и действие. Причинность и действие на траектории. Частица: вероятность достоверности траектории. Поле: локальный лагранжиан. Принцип наименьшего действия. Теорема Нётер.

Детерминизм классической механики и начальные данные, траектории с фиксированными концами, динамический функционал на траектории, погрешность измерений и неопределенность траектории, трубка эквивалентных траекторий, функционал вероятности для пучка траекторий и его экстремальность на трубке классической траектории

физической системы, принцип запрета Паули и введение амплитуды вероятности, операция перестановки траекторий тождественных частиц, фермионы и бозоны, функционал действия как логарифм амплитуды вероятности, экстремальность действия на «прямой» траектории, переход от механики точки к механике поля, действие в локальной теории поля, принцип наименьшего действия в механике, уравнения Эйлера–Лагранжа для частицы и для поля, правило Эйнштейна для суммирования по индексам, теорема Нётер, интегралы движения из однородности пространства и времени и из изотропии пространства.

2. Инерциальные системы и функция Лагранжа свободной частицы. Амплитуда вероятности и постоянная действия. Гамильтонова механика.

Инерциальные системы, преобразования Галилея и вывод импульса и энергии свободной частицы из теоремы Нётер, единичная вероятность достоверности пучка экстремальных траекторий и вещественность действия, постоянная Планка, связь эйконала геометрической оптики с действием. Гамильтонова механика, скобки Пуассона, производящая функция канонических преобразований, метод решения уравнений Гамильтона–Якоби с использованием канонического преобразования и интегралов движения, центробежный потенциал в сферически симметричных полях, инкремент угла вращения при повороте от перицентра к апоцентру.

3. Замкнутые финитные орбиты. Движение в кулоновском поле. Изотропный гармонический осциллятор. Теорема вириала.

Инкремент угла вращения от перицентра до апоцентра для замкнутой орбиты, бесконечно близкой к круговой, исследование критерия замкнутости любой финитной орбиты, инкремент угла поворота орбиты для бесконечно большой и нулевой энергии, траектория в кулоновском потенциале при ненулевом моменте импульса, эксцентриситет и его значения для эллипса, гиперболы и параболы, задача Кеплера, дифференциальное сечение Резерфордского рассеяния и зеркального рассеяния на непроницаемом шаре, параметры эллипса при движении в поле изотропного гармонического осциллятора, среднее значение наблюдаемой по времени и ее производной по времени для финитного движения, теорема вириала.

4. Векторный анализ. Евклидово пространство.

Длина и однородность и изотропность евклидова пространства, метрика, векторы, базис, декартовы и сферические координаты, инвариантные линейные функции на векторах и ковекторах, инвариантные полилинейные функции на векторах и тензоры, дифференциал инвариантной функции и законы преобразования векторов и ковекторов, символ Кронекера как инвариантный тензор второго ранга, метрика как ковариантный тензор второго ранга, обратная метрика, поднимание и опускание индексов, изометрии евклидова пространства, ортогональные, собственные преобразования, смешанное произведение трех векторов, ориентированный объем, тензор Леви-Чивита, векторное произведение в тензорных обозначениях, детерминант, вектор и тензор площади, ковектор ∇ , градиент, производная по направлению, дивергенция, ротор, лапласиан в декартовых и сферических координатах.

5. Теоремы Гаусса и Стокса. Дифференциальные формы и интегрирование. Уравнения Максвелла.

Интегрирование векторов по замкнутым путям и поверхностям, теоремы Гаусса и Стокса, дифференциальные формы в евклидовом пространстве, внешнее произведение и внешнее дифференцирование, дивергенция и ротор в терминах дифференциальных форм, замкнутые

и точные дифференциальные формы, формула Ньютона–Лейбница для дифференциальных форм. Суперпозиция электрического и магнитного полей, сила Лоренца, закон Кулона для точечного заряда, поток электрического поля через сферу, теорема Гаусса и закон Кулона в дифференциальной форме. Закон сохранения заряда в локальной форме и в 4-компонентных обозначениях, плотность тока, стационарные токи, закон Био-Савара в интегральной и локальной формах, закон индукции, теорема Стокса и локальная форма электромагнитной индукции, магнитные заряды в электродинамике Максвелла, ток смещения и система уравнений Максвелла в вакууме.

6. Группа вращений и спин. Генераторы инфинитезимальных преобразований.

Группа пространственных трансляций, генераторы непрерывных преобразований координат и полей, задача на собственные значения генератора трансляций и волновой вектор плоской волны, коммутатор генераторов, абелевость группы трансляций, вращение и матрицы генераторов поворотов для вектора, некоммутативная алгебра генераторов группы вращений $so(3)$, группа $O(3)$, генератор орбитального вращения на примере скалярного поля, генератор вращения для векторного и тензорного полей.

7. Спин $s=1$. Совместный базис двух эрмитовых матриц. Квантование спина. Тензорные поля.

Транспонирование и эрмитово сопряжение квадратных матриц, бра- и кет-векторы, уравнение на собственные значения, секулярное уравнение, вещественные собственные значения эрмитовых матриц, степень вырождения спектра, ортогональность собственных векторов с разными собственными значениями, собственные вектора и собственные значения матрицы проекция спина на ось z для $s=1$, сферическая гармоника вектора, действие повышающих и понижающих матриц для $s=1$, нулевой коммутатор эрмитовых матриц и совместный базис собственных векторов, физический смысл коммутаторов генераторов группы вращений, общий случай «операторного» квантования матриц спина группы вращений, базис векторов спина s и действие на него понижающих и повышающих матриц, число компонент в базисе спина s , тензорные поля как базис полей с целым спином, переход от стандартного представления к индексному в декартовом базисе, спин $s=2$, неприводимые представления для полей спина s – симметричные бесследовые тензоры ранга s , нулевой спин символов Кронекера и Леви-Чивита, сферические гармоники $Y_{l,m}$ как симметричные бесследовые тензоры ранга l в виде тензорного произведения единичных радиус-векторов.

8. Разложение приводимых тензоров на неприводимые. Спин $s=1/2$. Спинорная метрика. Поперечные векторные и тензорные поля.

Разложение тензора второго ранга в прямую сумму неприводимых слагаемых с $s=0, 1, 2$, симметричные и антисимметричные вклады, спинор и матрицы Паули, антикоммутатор, преобразование спинора при вращениях, поворот на угол 2π , эквивалентные представления группы вращения спиноров $SU(2)$, сопряженный спинор, билинейные спинорный инвариант и спинорная метрика, индексы с точками и без точек, проекции спина на ось волнового вектора для свободных поперечных полей спина $s=1$ и $s=2$.

9. Тензор энергии-импульса и ток. Тензор энергии-импульса нерелятивистских частиц. Тензор орбитального момента. Скалярное поле амплитуды вероятности траектории.

Трансляционная инвариантность в пространстве-времени, 4-ковектор скорости, 4-ток плотности массы и закон сохранения массы в дифференциальной форме, сохранение

тензора энергии-импульса и физический смысл компонент тензора: плотность энергии, поток энергии, плотность импульса, давление и напряжение, вращательная симметрия и тензор орбитального момента частиц, антисимметричный тензор углов вращения, сохранение тензора момента импульса как следствие симметричности тензора энергии-импульса, нерелятивистское поле – амплитуда вероятности траектории и уравнения поля из уравнений Гамильтона–Якоби, уравнение Шредингера из принципа наименьшего действия для поля Ψ , тензор энергии-импульса нерелятивистского поля и его компоненты, смысл нормировки поля, глобальная калибровочная инвариантность и электрический 4-ток, закон сохранения вероятности, локальная калибровочная инвариантность и ковариантная производная со связностью, векторный калибровочный бозон, дискретные симметрии зеркальной инверсии пространства и обращения стрелы времени.

10. Симметрии и законы сохранения в случаях вырождения движения. Вектор Рунге–Ленца–Лапласа. Тензор Фрадкина. Квазипериодическое движение в магнитном поле.

Сохраняющийся вектор от центра кулоновского потенциала до второго фокуса эллипса финитной орбиты, связь генераторов симметрии со скобками Пуассона физических величин, отвечающих собственным значениям этих генераторов на полях амплитуды вероятности траектории, пример скобок Пуассона для момента импульса, скобки Пуассона вектора Рунге–Ленца–Лапласа и $SO(4)$ симметрия финитных кулоновских орбит, эволюция изотропного гармонического осциллятора в терминах комплексных векторов в фазовом пространстве, группа $SU(3)$ как матричная группа инвариантности эволюции трехмерных фазовых векторов, матрицы Гелл-Манна, сохранение полуосей эллипса и тензор второго ранга, разложение тензора на синглет, вектор и квинтет по группе вращений, разложение тензора на синглет и октет по группе $SU(3)$, адиабатический инвариант периодического движения, инвариант для частицы в постоянном магнитном поле, поток магнитного поля в площади замкнутой орбиты, точность сохранения адиабатического инварианта при введении малых поправок, нарушающих периодичность.

11. Рассеяние электромагнитных волн. Квазиупругий диполь. Функция Грина классического осциллятора.

Определение дифференциального сечения рассеяния электромагнитных волн, метод преобразования Фурье для решения дифференциальных уравнений, дельта-функция Дирака и обратное преобразование Фурье, рассеяние фотонов на заряженном гармоническом осцилляторе с затуханием, спектр и интенсивность вынужденных колебаний, линейная поляризация, тензор поляризации естественного света, усреднение единичного вектора на окружности, угловое распределение рассеянных электромагнитных волн, сечение Томсона, классический радиус электрона, рэлеевское рассеяние.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Новые материалы

Цель дисциплины:

ознакомлении обучающихся с физическими основами наук о материалах, физическим принципам функционирования существующих материалов и создания новых материалов с заданными свойствами и их теоретическая подготовка к дальнейшей самостоятельной работе в области материаловедения, технологии наноматериалов и энергетики.

Задачи дисциплины:

ознакомление обучающихся с предметом, принципами, методами и моделями наук о материалах; приобретение обучающимися теоретических знаний в области материаловедения; оказание консультаций и помощи обучающимся в проведении их собственной самостоятельной научной работы.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

фундаментальные понятия, законы и теории материаловедения; фундаментальные основы для создания и разработки новых материалов различного назначения; теоретические модели основополагающих процессов и явлений в физике материалов и ее приложениях; основные подходы и приближения, используемые при расчетах структуры и свойств молекул, кристаллов, нано- и мезоструктур; физические основы методов исследования структуры и свойств материалов; современные проблемы физики и химии материалов.

уметь:

выбирать подходящие методы исследования структуры и химического состава материалов; производить численные оценки характерных величин свойств материалов; делать качественные выводы о характере взаимодействия атомов в материалах различного типа; делать качественные выводы о влиянии структуры и химического состава материала на его физико-химические и механические свойства.

владеть:

фундаментальными знаниями о физических принципах построения материалов, методами описания структуры материалов; базовыми моделями предсказания свойств материалов; базовыми моделями компьютерного дизайна материалов, базовыми знаниями о современных тенденциях развития материаловедения.

Темы и разделы курса:

1. Цели и задачи материаловедения. Современные тенденции.

Роль материаловедения в развитие технологий и конструкций, история материаловедения и ее достижений. Современные тенденции.

2. Структурные уровни материалов.

Структурные уровни материалов от атомного строения до макроскопического масштаба. Способы описания различных структурных уровней и их влияние на свойства материалов. Методы исследования.

3. Современные методы синтеза материалов.

Современные методы синтеза материалов, в особенности наноразмерных материалов. Рассмотрены различные методы создания от вакуумной и газофазной эпитакции до распыления. Обсуждаются физические и химические основы, положительные и отрицательные стороны различных методов, их достижения и примеры применения.

4. Методы дизайна материалов.

Основы и направления в развитие методов дизайна материалов, понятия и достижения. Обсуждается информатика материалов, а также «интеллектуальный синтез» на основе сопряжения информатики материалов и экспериментальных работ.

5. Термоэлектрические материалы.

Физическое явление термоэлектричества, эффект Зеебека, Пельтье и Томсона. Физические принципы работы термоэлектрических элементов, КПД, добротность. Роль свойств материалов в КПД термоэлектрических элементов. История развития термоэлектрических материалов, современные достижения, научные направления в создании новых материалов. Роль первопринципного моделирования.

6. Материалы для хранения водорода.

Проблема, принципы и методы хранения водорода: физические, химические. Предельные характеристики различных методов. Направления в развитие новых материалов для хранения водорода.

7. Высокоэнтропийные сплавы.

Понятие высокоэнтропийных сплавов. История создания и текущее состояние достижений. Отличительные характеристики и свойства ВЭС.

8. Сегнетоэлектрические материалы.

Явление сегнетоэлектричества. Классы сегнетоэлектрических материалов. Атомистическая и микроскопическая картина возникновения сегнетоэлектричества. Принципы использования материалов. Современные направления в развитии.

9. Материалы с памятью формы.

Атомистические и микроскопические механизмы, лежащие в основе функционирования материалов с памятью формы. Предельные характеристики материалов, механизмы деградации. Направление развития материалов и их применения в различных устройствах.

10. Перовскиты.

Структура, свойства класса материалов – перовскитов. История открытия, распространенность. Применение перовскитов в солнечных батареях: принцип работы, свойства, перспективы.

11. Двухмерные материалы.

История открытия двухмерных материалов, свойства, методы синтеза и пути применения. Роль двухмерных материалов в фундаментальных вопросах физики и материаловедения.

12. Топологические изоляторы.

Свойства топологических изоляторов, физические основы их существования. Применение.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Общая теория относительности

Цель дисциплины:

Обучение студентов общей теории относительности, построение необходимой базой для решения содержательных задач современной математической физики.

Задачи дисциплины:

Последовательное и детальное изложение основных принципов общей теории относительности; детальный разбор технических деталей вычислений с применением дифференциальной геометрии в общей теории относительности; построение действия Эйнштейна-Гильберта и его простейших обобщений; анализ уравнений Эйнштейна и их простейших решений.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

концепции и идеи лежащие в основе общей теории относительности (ОТО); Уравнения Эйнштейна и примеры их решений; Физические предсказания ОТО и её границы применимости.

уметь:

из первых принципов выводить: классические эффекты ОТО; действие Эйнштейна-Гильберта и уравнения Эйнштейна; простейшие решения ОТО.

владеть:

математическим аппаратом и методами ОТО в приложениях для решения различных задач и работы с научными текстами.

Темы и разделы курса:

1. Геодезические

Нерелятивистские частицы и уравнения геодезических. Геодезические на двумерной сфере. Релятивистские частицы, пространство-время Минковского и причинность. Взаимодействие релятивистской частицы с электромагнитным и гравитационным полями. Взаимодействия с полями произвольного спина.¹ Принцип эквивалентности. Замедление времени. Гравитационное красное смещение. Аффинная параметризация геодезической для массивных и безмассовых частиц, уравнения геодезической в пространстве-времени. Метрика Шварцшильда. Эффективный потенциал в метрике Шварцшильда и орбиты планет. Прецессия перигелия. Влияние притяжения других планет (Венеры и Юпитера) на прецессию перигелия Меркурия. Отклонение света в гравитационном поле, гравитационное линзирование.

2. Элементы дифференциальной геометрии

Многообразия. Тензоры, векторы, ковекторы и формы. Метрика; Риманово и лоренцево многообразия, форма объема, двойственность Ходжа. Действие Максвелла. Теория Ходжа. Связности и ковариантная производная, кривизна и кручение, связность Леви-Чивиты. Теорема Гаусса. Параллельный перенос, нормальные координаты и экспоненциальное отображение, голономия, девиация геодезических. Тензор Риччи и тензор Эйнштейна. 1-формы связности и 2-формы кривизны.

3. Уравнения Эйнштейна

Действие Эйнштейна-Гильберта, космологическая постоянная; диффеоморфизмы и тождество Бьянки; Решения вакуумных уравнений Эйнштейна: пространство-время Минковского, пространство-время де Ситтера и анти-де Ситтера, решение Taub-NUT; Симметрии и изометрии, векторы Киллинга, сохраняющиеся величины; Асимптотика пространства-времени, конформные преобразования и диаграммы Пенроуза; Взаимодействие гравитации с материей, тензор энергии-импульса, идеальные жидкости, спиноры, энергетические условия; Примеры космологических решений.

4. Предел слабого гравитационного поля, гравитационные волны

Линеаризованная теория гравитации, действие Паули-Фирца, калибровочная симметрия, ньютоновский предел; Гравитационные волны, калибровка де Дондера, бесследовая поперечная калибровка, поляризации гравитационных волн, LIGO и детектирование гравитационных волн; Рождение гравитационных волн, двойные системы, квадруполь как источники гравитационных волн, квазитензор энергии-импульса для гравитационного поля, псевдотензор Ландау-Лифшица; тензор Белла-Робинсона; Разрывности Вельтмана-ван-Дамма-Захарова; теорема Вайнберга-Виттена.

5. Чёрные дыры

Решение Шварцшильда, теорема Биркгофа, координаты Эддингтона-Финкельштейна, диаграммы Крускала и диаграммы Пенроуза, слабая космическая цензура; Решение Рейсснера-Нордстрема, горизонты Коши и сильная космическая цензура, экстремальные черные дыры; Решение Керра, глобальная структура и диаграммы Пенроуза, эргосфера, процесс Пенроуза и сверхизлучение, теоремы об отсутствии волос.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Общая теория относительности

Цель дисциплины:

Изучение общей теории относительности, включая общие математические структуры (метрика, связность, риманова кривизна, действие Эйнштейна–Гильберта и уравнения Эйнштейна, реперное представление) и конкретные физические задачи (движение частицы в гравитационном поле, гравитационное поле материальных тел, черные дыры, гравитационные волны, космологические решения, поля материи в гравитационном поле).

Задачи дисциплины:

Сформировать представление о гравитации как геометрического эффекта. Обучить студентов основным методам решения задач, связанных с гравитацией.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

общую теорию относительности.

уметь:

выводить уравнения общей теории относительности и решать их для некоторых специальных случаев;

анализировать явления в пространстве-времени с нетривиальной геометрией.

владеть:

методами решения задач, связанных с гравитационными явлениями.

Темы и разделы курса:

1. Геометрия и физика специальной теории относительности

- невырожденная симметричная форма в линейном пространстве и сигнатура;
- метрика в аффинном пространстве, индексные и безындексные обозначения;

- принцип наименьшего действия для частиц.

Семинар: Преобразование Лоренца, светоподобные координаты, диаграмма Пенроуза.

2. Основные понятия дифференциальной геометрии и пространство-время

- аффинная связность и ковариантные производные;
- метрика и связность Леви-Чивиты;

Семинар: Физическая интерпретация метрики.

3. Риманова кривизна. Преобразования тензорных полей

- Риманова кривизна: два определения;
- Свойства римановой кривизны;
- Преобразование полей и производная Ли. Выражение производной Ли через связность Леви-Чивиты.

Семинар: Симметрии и векторные поля Киллинга.

4. Частицы в искривленном пространстве-времени

- частица в искривленном пространстве-времени, геодезические, внешнее электромагнитное поле;
- уравнение Гамильтона—Якоби.

Семинар: Уравнение Гамильтона—Якоби.

5. Поля в гравитационном поле. Тензор энергии-импульса

- лагранжев подход к теории поля и канонический тензор энергии-импульса в плоском пространстве-времени;
- метрический тензор энергии-импульса, его связь с каноническим тензором;
- тензор энергии-импульса частицы.

Семинар: Тензор энергии-импульса для различных физических систем.

6. Уравнения гравитационного поля и законы сохранения

- действие Эйнштейна—Гильберта и уравнения Эйнштейна;
- задача Коши для уравнений Эйнштейна;
- псевдотензоры энергии-импульса Эйнштейна и Ландау—Лифшица, суперпотенциал;
- энергия, импульс и угловой момент как интегралы по поверхности.

Семинар: Полная энергия стационарной системы.

7. Слабое гравитационное поле

- линеаризованные уравнения Эйнштейна, фиксация калибровки;
- статические решения линеаризованных уравнений Эйнштейна, остаточная калибровочная свобода;

- энергия и угловой момент через асимптотики гравитационного поля.

Семинар: Задачи на гравитационное поле в линейном приближении.

8. Гравитационные волны

- свободные решения однородных линеаризованных уравнений Эйнштейна;
- плоские волны, монохроматические волны, фиксация калибровки, поляризации;
- псевдотензор энергии-импульса плоской гравитационной волны.

Семинар: Сильная гравитационная волна.

9. Излучение гравитационных волн

- запаздывающее решение волнового уравнения, упрощение в размерности 4;
- нерелятивистский источник: ограничение, связанное с сохранением энергии и импульса, и квадрупольное излучение;
- угловое распределение и вычисление полной излученной энергии.

Семинар: Взаимодействие гравитационного поля с материей: примеры.

10. Решение Шварцшильда

- сферически симметричные уравнения Эйнштейна, их прямое решение;
- геодезические в метрике Шварцшильда, неполнота шварцшильдовских координат;
- Координаты Эддингтона—Финкельштейна, горизонт событий и сингулярность;
- Координаты Крускала и диаграмма Пенроуза, максимально расширенное многообразие Крускала.

Семинар: Гравитационное поле статического сферически-симметричного тела.

11. Движение частицы в метрике Шварцшильда

- решение уравнения Гамильтона—Якоби;
- четыре типа движения в шварцшильдовской метрике, условие их реализации.

Семинар: Падение пыли на черную дыру.

12. Движение в сравнительно слабом гравитационном поле и экспериментальная проверка ОТО

- почти ньютоновское поле и прецессия перигелия;
- отклонение луча света слабым гравитационным полем.

Семинар: Изотропные поверхности. Инвариантность изображений.

13. Заряженные и вращающиеся черные дыры

- решение Рейснера—Нордстрёма уравнений Максвелла и Эйнштейна;
- сингулярность, горизонт событий, горизонт Коши, диаграмма Пенроуза;
- решение Керра—Ньюмена, эргосфера, кольцевая сингулярность, диаграмма Пенроуза.

Семинар: Изотропные поверхности. Эволюция изображений.

14. Космологические решения. Фридмановские модели

- однородная и изотропная Вселенная, пространства постоянной кривизны;
- уравнения Фридмана, их решения для пылевидной материи и ультрарелятивистского газа;
- космологическая постоянная и ускоренное расширение, современная модель расширяющейся Вселенной, темная материя и темная энергия.

Семинар: Проблемы моделей Фридмана. Инфляция.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Общая физика: квантовая физика

Цель дисциплины:

Освоение студентами базовых знаний в области квантовой физики для дальнейшего изучения соответствующих разделов теоретической физики, а также углубленного изучения фундаментальных основ современной физики.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся базовых знаний и понятий в области квантовой механики и физики
- формирование умений и навыков применять изученные теоретические законы и математические инструменты для решения задач квантовой физики
- формирование общефизической культуры: умения выделять существенные физические явления и пренебрегать несущественными; умения проводить оценки физических величин; умения строить простейшие теоретические модели, описывающие физические процессы.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные законы и понятия квантовой механики, а также границы их применимости:
- основные идеи и понятия: корпускулярно-волновой дуализм, волны де-Бройля, принцип неопределённости Гейзенберга, волновая функция, вероятностная интерпретация волновой функции
- фундаментальные квантовые эксперименты: фотоэффект, эффект Комптона, дифракция рентгеновского излучения и электронов при отражении от кристаллических структур, интерференция электронов (в том числе одночастичная), линейчатые спектры испускания и поглощения атомов, тунелирование, излучение абсолютно чёрного тела.
- характерные временные и пространственные масштабы, на которых проявляются квантовые явления.
- постулаты Бора для атома водорода и квазиклассическое приближение Бора-Зоммерфельда.

- волновое уравнение Шрёдингера для эволюции волновой функции во времени, а также для определения стационарных уровней энергии квантовой системы.
- законы квантования часто встречающихся типов движения: одномерный гармонический осциллятор, квантовый ротатор, электрон в атоме водорода.
- особенности взаимодействия квантовых частиц с потенциальными ямами и барьерами. Тунелирование.
- гиромагнитное соотношение и связь между механическим и магнитным моментами
- что такое орбитальный и спиновый моменты, связь тонкого расщепления в спектрах излучения атомов со спин-орбитальным взаимодействием
- что такое сверхтонкое расщепление и спин атомного ядра
- связь статистики фермионов с правилом запрета Паули и обменным взаимодействием. Правила Хунда заполнения атомных оболочек
- основные закономерности эффекта Зеемана. Сложный и простой эффекты Зеемана. Явления магнитного резонанса. (ЭПР и ЯМР)
- что такое капельная и оболочечная модели атомного ядра. Иметь представление о сильном взаимодействии. Знать характерные размеры атомных ядер и величины энергий связи ядер.
- что такое кварковый состав протона и нейтрона
- что такое радиоактивный распад. Альфа-, бета- и гамма- распад. Иметь представление о биологической опасности радиоактивного распада.
- Что такое слабое взаимодействие, особенности бета-распада, время жизни нейтрона, понятие об антинейтрине.
- основные положения теории рассеяния нейтронов на тяжёлых ядрах (резонансное и нерезонансное взаимодействия, понятие составного ядра)
- основные положения квантовой оптики: фотоны, вынужденное и спонтанное излучение, физика работы лазеров, формула Планка для излучения абсолютно чёрного тела.

уметь:

- применять изученные законы квантовой физики для решения конкретных задач:
- применять приближение Бора-Зоммерфельда для решения задач о движении частицы (электрона) в заданном статическом потенциале
- применять уравнение Шрёдингера для определения энергетических уровней стационарных состояний, а также для определения коэффициентов пропускания и отражения потенциальных барьеров и потенциальных ям.
- рассчитывать величину спин-орбитального расщепления энергетических уровней атома в рамках модели LS-связи
- вычислять величину расщепления спектральных линий в эффекте Зеемана с учётом правил отбора

- определять энергию связи атомного ядра в рамках капельной и оболочечной моделей ядра.
- рассчитывать вероятности рассеяния нейтронов на атомных ядрах
- применять законы излучения абсолютно чёрного тела в задачах о тепловом излучении
- анализировать физические задачи, выделяя существенные и несущественные аспекты явления, и на основе проведённого анализа строить упрощённые теоретические модели физических явлений;
- применять различные математические инструменты решения задач исходя из сформулированных физических законов, и проводить необходимые аналитические и численные расчёты;

владеть:

- основными методами решения задач квантовой физики;
- основными математическими инструментами, характерными для задач квантовой физики;

Темы и разделы курса:

1. Волновые свойства частиц. Соотношение неопределенностей

Гипотеза де Бройля о волновых свойствах материальных частиц – корпускулярно-волновой дуализм. Опыты Девиссона–Джермера и Томсона по дифракции электронов. Длина волны де Бройля нерелятивистской частицы. Критерий квантовости системы. Соотношения неопределенностей (координата-импульс; энергия время). Волновая функция свободной частицы (волна де Бройля). Вероятностная интерпретация волновой функции, выдвинутая Борном.

2. Формализм квантовой механики. Потенциальные барьеры

Понятие об операторах. Операторы координаты, импульса, потенциальной и кинетической энергии системы, гамильтониан. Собственные функции и собственные значения. Результат квантового измерения значения физической величины. Уравнение Шредингера. Свойства волновой функции стационарных задач: непрерывность, конечность, однозначность, непрерывность производной. Закон сохранения вероятности, вектор плотности тока вероятности (без вывода). Рассеяние частиц на потенциальной ступеньке конечной высоты, прохождение частицы над ямами и барьерами конечной ширины – эффект Рамзауэра. Прохождение частицы через прямоугольный потенциальный барьер конечной ширины (туннельный эффект), вывод формулы для прозрачности барьера произвольной формы.

3. Потенциальные ямы. Квазиклассическое приближение. Осциллятор

Состояния частицы в одномерной симметричной потенциальной яме. Уровни энергии одномерного гармонического осциллятора (без вывода). Оператор момента импульса.

Квантование проекции момента и квадрата момента импульса. Движение в центральном поле, центробежная энергия, радиальное квантовое число, кратность вырождения. s -состояния в трёхмерной сферически симметричной яме конечной глубины, условие существования связанных состояний в такой яме.

4. Водородоподобные атомы. Колебательные и вращательные спектры молекул

Закономерности оптических спектров атомов (комбинационный принцип Ритца), формулы серий. Модели атома Томсона и Резерфорда. Постулаты Бора, боровский радиус, энергия атома водорода. Движение в кулоновом поле, случайное вырождение. Спектр атома водорода (без вывода), главное квантовое число, кратность вырождения. Качественный характер поведения радиальной и угловой частей волновой функции. Волновая функция основного состояния. Водородоподобные атомы: влияние заряда ядра (на примере иона гелия) и его массы (изотопический сдвиг), мезоатомы. Характеристическое рентгеновское излучение (закон Мозли). Вращательные спектры плоского и пространственного ротаторов (двухатомная молекула). Вращательные и колебательные уровни молекул, энергетический масштаб соответствующих возбуждений (иерархия молекулярных спектров).

5. Магнитный момент. Спин. Тонкая и сверхтонкая структура атома водорода

Магнитный орбитальный момент электронов, гиромагнитное отношение, g -фактор, магнетон Бора. Опыт Штерна—Герлаха. Гипотеза Уленбека и Гаудсмита о спине электрона, спиновый g -фактор. Опыт Эйнштейна—де Гааза. Векторная модель сложения спинового и орбитального моментов электрона, полный момент, фактор Ланде. Тонкая и сверхтонкая структуры атома водорода.

6. Тождественность частиц. Обменное взаимодействие. Сложные атомы

Тождественность частиц, симметрия волновой функции относительно перестановки частиц, бозоны и фермионы, принцип Паули. Сложные атомы. Самосогласованное поле. Электронная конфигурация атома. Атомные термы, спектроскопическая запись состояния атома. Правила Хунда. Качественное объяснение возникновения обменной энергии и правил Хунда на примере возбужденного состояния $1s2s$ атома гелия и образования молекулы водорода.

7. Атом в магнитном поле. Эффект Зеемана. Излучение, правила отбора. ЭПР и ЯМР

Эффект Зеемана для случаев слабого и сильного магнитных полей на примере $3P-3S$ -переходов. Понятие спина (спиральности) фотона, полный момент и четность. Классификация фотонов по полному моменту и чётности (E - и M -фотоны), отношение вероятностей излучения фотонов различной мультипольности. Вероятность дипольного излучения (закон $\propto \omega^3$). Ядерный и электронный магнитный резонанс (квантовомеханическая трактовка). Строгие и нестрогие правила отбора при поглощении и испускании фотонов атомами (на примере эффекта Зеемана и ЯМР).

8. Ядерные модели

Эксперименты Резерфорда и Гейгера по рассеянию α -частиц в газах. Открытие нейтрона Чадвиком. Экспериментальная зависимость удельной энергии связи ядра от массового числа A . Свойства ядерных сил: радиус действия, глубина потенциала, насыщение ядерных сил, спиновая зависимость. Природа ядерных сил, обменный характер ядерных сил, переносчики взаимодействия. Модель жидкой заряженной капли. Формула Вайцеккера для энергии связи ядра. Оболочечная модель и магические числа в осцилляторном потенциале. Одночастичные и коллективные возбуждённые состояния ядра.

9. Радиоактивность. Альфа, бета, гамма

Радиоактивность. Закон радиоактивного распада, константа распада, период полураспада, среднее время жизни, вековое уравнение. Альфа-распад, закон Гейгера—Нэттола и его вывод (формула Гамова). Бета-распад, энергетический спектр бета-распада, гипотеза нейтрино и его опытное обнаружение, внутренняя конверсия электронов, K -захват. Гамма-излучение, изомерия ядер. Спонтанное деление ядер, механизм формирования барьера деления — зависимость кулоновской и поверхностной энергии от деформации, параметр делимости, энергия, выделяемая при делении ядер, предел стабильности ядер относительно деления.

10. Ядерные реакции. Оценка сечений

Ядерные реакции: экзотермические и эндотермические реакции, порог реакции, сечение реакции (полное и парциальные сечения), каналы реакции, ширины каналов. Составное ядро. Нерезонансная теория — классическое сечение, поправки на волновой характер частиц, коэффициент проникновения частицы в прямоугольную яму, закон Бете (на примере проникновения частицы в прямоугольную яму). Резонансные реакции — формула Брейта—Вигнера. Деление ядер под действием нейтронов, мгновенные и запаздывающие нейтроны, цепная реакция деления. Роль запаздывающих нейтронов в работе ядерного реактора. Схема реактора на тепловых нейтронах.

11. Фундаментальные взаимодействия. Элементарные частицы

Фундаментальные взаимодействия и фундаментальные частицы (лептоны, кварки и переносчики взаимодействий). Законы сохранения и внутренние квантовые числа. Кварковая структура адронов — мезоны, барионы и резонансы. Квантовая хромодинамика, асимптотическая свобода. Гипотеза конфайнмента кварков и глюонов, кварковый потенциал. Оценка адронных сечений при высоких энергиях на основе кварковой структуры. Открытие W - и Z -бозонов, t -кварка, методы регистрации нейтрино. Несохранение чётности при бета-распаде, опыт Ву.

12. Законы излучения АЧТ

Подсчет числа состояний поля в заданном объеме; фазовый объём, приходящийся на одно квантовое состояние, плотность состояний. Формула Рэлея—Джинса и ультрафиолетовая

катастрофа, формула Вина. Распределение Планка. Закон смещения Вина. Равновесное излучение как идеальный газ фотонов. Законы Кирхгофа и Стефана—Больцмана.

13. Спонтанное и вынужденное излучение

Двухуровневая квантовая система в поле равновесного излучения, принцип детального равновесия, спонтанные и индуцированные переходы, соотношения Эйнштейна и его вывод распределения Планка. Прохождение излучения через среду, условие усиления (инверсная заселённость уровней). Принцип работы лазера и его устройство.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Общая физика: лабораторный практикум

Цель дисциплины:

формирование базовых знаний по физике и умения работать в лаборатории для дальнейшего использования в других дисциплинах естественнонаучного содержания; формирование культуры эксперимента, исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся базовых знаний по физике;
- формирование культуры эксперимента: умение работать в лаборатории, знать основные методы эксперимента, устанавливать логические связи между понятиями;
- формирование умений и навыков применять полученные знания для постановки эксперимента, самостоятельного анализа полученных результатов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- методику проведения эксперимента;
- методику обработки полученных результатов.

уметь:

- работать с современным измерительным оборудованием;
- правильно обрабатывать полученные экспериментальные данные.

владеть:

- навыками работы с современным измерительным оборудованием;
- основными математическими инструментами, характерными для задач механики.

Темы и разделы курса:

1. Вводные работы 1

Изучаются систематические и случайные погрешности приборов на примере измерения удельного сопротивления нихромовой проволоки. Исследуются инструментальные погрешности аналоговых и цифровых приборов, законы сложения погрешностей, погрешность при получении прямой методом наименьших квадратов

2. Вводные работы 2

На примере космического излучения, регистрируемого счетчиком Гейгера, изучаются основные методы статистической обработки данных. Изучаются основные свойства нормального распределения и распределения Пуассона. Исследуется зависимость среднеквадратичного отклонения данных от числа измерений.

3. Защита работ.

Проверяется знание студентами основ обработки результатов экспериментов. Защита работ.

4. Изучение электронного осциллографа

Изучается устройство и принцип работы электронного осциллографа. Измеряются параметры простейших колебаний --- амплитуда, фаза и частоты. Исследуется влияние амплитудно-частотной и фазово-частотной характеристик на результат измерений с помощью осциллографа.

5. Определение моментов инерции твердых тел с помощью трифилярного подвеса.

С помощью трифилярного подвеса измеряются периоды крутильных колебаний тел различной формы. По измеренным периодам вычисляются моменты инерции тел, значения которых сравниваются с полученными из расчетов по их геометрическим размерам. Экспериментально проверяется аддитивность моментов инерции и теорема Гюйгенса—Штейнера.

6. Защита работ.

Проверяется знание студентами основ обработки результатов экспериментов. Защита работ.

7. Экспериментальная проверка закона вращательного движения на крестообразном маятнике Обербека.

С помощью крестообразного маятника, к оси которого подвешиваются грузы различной массы, исследуется основной закон вращательного движения. Экспериментально проверяются соотношения для моментов инерции цилиндров и зависимости момента инерции от расстояния до оси вращения. Исследуется влияние сопротивления воздуха на искажение результатов опыта.

8. Определение ускорения свободного падения при помощи оборотного маятника. Изучение физического маятника.

С помощью физического маятника в форме длинного стержня и оборотного маятника с подвижными грузами исследуются основные законы колебательного движения. Измеряются периоды колебаний маятников, исследуются зависимость периода от

амплитуды колебаний и затухания. По значению периода измеряется ускорение свободного падения с высокой точностью.

9. Определение модуля Юнга.

Исследуются малые упругие деформации растяжения/сжатия, изгиба и кручения для различных материалов (сталь, латунь, различные породы дерева). По значению деформации вычисляется модуль соответствующего материала различными способами.

10. Защита работ.

Проверяется знание студентами основ обработки результатов экспериментов. Защита работ.

11. Исследование прецессии уравновешенного гироскопа.

Исследуются законы движения быстровращающихся оссимметричных тел (гироскопов). По скорости прецессии гироскопа под действием постоянного момента сил определяется скорость вращения ротора. Момент инерции ротора определяется методом крутильных колебаний при сравнении с эталонным телом. По опусканию оси гироскопа измеряется момент силы трения в оси гироскопа.

12. Изучение колебаний струны.

Исследуются стоячие волны, возбуждаемые на натянутой стальной струне с закрепленными концами. Измеряются резонансные частоты в зависимости от силы натяжения нити, из чего определяется скорость распространения волн на струне и её линейная плотность. Регистрация колебаний проводится с помощью электромагнитного датчика, подключенного к электронному осциллографу. По ширине резонанса измеряется добротность колебательной системы.

13. Определение скорости полета пули.

Скорость полета пули из пневматического ружья измеряется с помощью баллистического метода. Скорости вычисляются по амплитуде отклонения баллистического и крутильного маятников с использованием законов сохранения импульса, энергии и момента импульса.

14. Исследование свободных колебаний связанных маятников.

Исследуются особенности колебаний системы из двух связанных маятников. Измеряются собственные частоты колебаний и исследуются собственные моды колебаний. Исследуется зависимость характера колебаний от константы связи маятников.

15. Стационарное течение (Бернулли, Пуазейль).

Изучаются свойства стационарных течений жидкостей и газов. Расход жидкости измеряется расходомерами Пито и Вентури. По зависимости расхода газа от перепада давления на участке трубы измеряется вязкость газа. По отклонению от закона Пуазейля определяется критическое число Рейнольдса, соответствующее переходу от ламинарного течения к турбулентному.

16. Вязкость жидкости, энергия активации.

По вертикальному падению пробных шариков в вертикальной колбе, заполненной глицерином, измеряется коэффициент вязкости жидкости в зависимости от температуры. По установившейся скорости падения проверяется формула Стокса для силы

сопротивления в вязкой жидкости. По температурной зависимости вязкости определяется энергия активации для молекул жидкости. Энергия активации сравнивается с энергией связи, теплотой испарения и энергией поверхностного натяжения.

17. Вакуум.

Изучаются основные методы получения и измерения вакуума. Исследуется закон откачки в вязкостном режиме при откачке форвакуумным насосом и закон откачки в кнудсеновском режиме при высоком вакууме (с помощью диффузионного масляного или турбомолекулярного насосов). Измерение низкого вакуума проводится масляным, термопарным и терморезисторным вакуумметрами. Высокий вакуум измеряется ионизационным и магнетронным вакуумметрами.

18. Диффузия.

Исследуется взаимная диффузия воздуха и гелия через тонкую трубку, соединяющую два сосуда. Концентрации газов измеряются терморезисторным датчиком по разности теплопроводности смеси. Исследуется применимость закона Фика и зависимость коэффициента взаимной диффузии от давления

19. Теплопроводность.

Исследуется зависимость коэффициента теплопроводности воздуха от температуры и давления. Измерения проводятся по нагреву проволоки, заключенной в цилиндрическую воздушную оболочку. Температура внешней оболочки контролируется термостатом, температура проволоки определяется по зависимости сопротивления материала проволоки от температуры. При низком давлении исследуется явление температурного скачка вблизи проволоки.

20. Молекулярные явления.

Исследуются молекулярные процессы в сильно разреженных газах. Изучается процесс электрооткачки --- поглощения частиц газа анодом в результате ионизации электронным ударом. Измеряется давление насыщенных паров тугоплавких металлов по изменению давления при нагреве током образца в вакууме.

21. Защита работ

Проверяется знание студентами основ обработки результатов экспериментов. Защита работ.

22. Определение CP/CV газов.

Измеряется показатель адиабаты методами Клемана-Дезорма и акустического резонанса. Вычисляется значение скорости звука. Измеряются параметры и их зависимость от температуры для воздуха и углекислого газа.

23. Фазовые переходы.

С помощью ртутного манометра и термостата измеряется зависимость давления насыщенных паров от температуры для воды и спирта. По полученной зависимости вычисляется теплота парообразования соответствующих жидкостей.

24. Защита работ

Проверяется знание студентами основ обработки результатов экспериментов. Защита работ.

25. Реальные газы.

Исследуется эффект Джоуля—Томсона просачивания газа через пористую перегородку для углекислого газа. Разность температур измеряется термопарой. Вычисляются коэффициенты Джоуля—Томсона и параметры газа Ван-дер-Ваальса. По измеренным параметрам производится оценка критических параметров газа и температуры инверсии эффекта.

26. Поверхностное натяжение.

Измеряется коэффициент поверхностного натяжения различных жидкостей (воды и спирта) в зависимости от температуры методом Ребиндера. Определяется полная свободная энергия поверхности и теплота образования единицы поверхности.

27. Теплоемкость.

Измеряется теплоёмкость твердых тел и теплоемкость газов при постоянном давлении для различных расходов. Температура твердого тела измеряется по зависимости сопротивления нагревателя от температуры. Температура газа измеряется термопарой.

28. Защита работ

Проверяется знание студентами основ обработки результатов экспериментов. Защита работ.

29. Магнитометр .Абсолютный вольтметр. Моделирование электрических полей.

Определение горизонтальной составляющей магнитного поля Земли, и установление количественного соотношения между единицами электрического тока и напряжения в системах СИ и СГС. Изучение электростатических полей прямоугольного кабеля, плоского конденсатора, четырех заряженных цилиндров на электропроводной бумаге.

30. Спектры электрических сигналов. Волновод. Синтез электрических сигналов.

Изучение спектрального состав периодических электрических сигналов. Изучение возможности синтезирования периодических электрических сигналов при ограниченном наборе спектральных компонент. Ознакомление с особенностями распространения электромагнитных волн в волноводе, аппаратурой и методами измерения основных характеристик протекающих при этом процессов.

31. Магнетрон (и фокусировка). Закон трёх вторых. Опыт Милликена.

Определение отношения заряда электрона к его массе методом магнитной фокусировки и методом магнетрона. Определение удельного заряда электрона на основе закона «трёх вторых» для вакуумного диода. Измерение элементарного заряда методом масляных капель по их движению в воздухе под действием силы тяжести и вертикального электрического поля.

32. Сдвиг фаз в цепи переменного тока. Резонанс напряжений. Резонанс токов.

Изучение влияния активного сопротивления, индуктивности и ёмкости на сдвиг фаз между током и напряжением в цепи переменного тока. Исследование резонансов напряжений и токов в последовательном и в параллельном колебательном контурах с изменяемой ёмкостью, получение амплитудно-частотных и фазово-частотных характеристик, определение основных параметров контуров.

33. Эффект Холла в полупроводниках . Эффект Холла в металлах. Магнетосопротивление полупроводников.

Исследование зависимости ЭДС Холла от величины магнитного поля при различных токах через образец для определения константы Холла. Измерение подвижности и концентрации носителей заряда в полупроводниках и металлах. Измерение зависимости сопротивления полупроводниковых образцов различной формы от индукции магнитного поля.

34. Свободные колебания . Вынужденные колебания . Дробовой шум . Колеб. контур с нелинейной ёмкостью.

Исследование свободных и вынужденных колебаний в электрическом колебательном контуре. Измерение заряда электрона по дробовому шуму. Изучение резонансных свойств нелинейного колебательного контура

35. Диа- и парамагнетики. Диа- и парамагнетики. Диа- и парамагнетики. Скин-эффект.

Измерение магнитной восприимчивости диа- и парамагнитных образцов. Изучение температурной зависимости магнитной восприимчивости ферромагнетика выше точки Кюри. Исследование проникновения переменного магнитного поля в медный полый цилиндр.

36. Баллистический гальванометр.

Изучение работы высокочувствительного зеркального гальванометра магнитоэлектрической системы в режимах измерения постоянного тока и электрического заряда.

37. Релаксационный генератор. Тлеющий разряд . Высокочастотный разряд.

Исследование релаксационного генератора на стабилитроне. Изучение вольт-амперной характеристики нормального тлеющего разряда. Изучение свойств плазмы высокочастотного газового разряда в воздухе методом зондовых характеристик.

38. Петля гистерезиса (динамический метод) .Петля гистерезиса (статический метод).
Параметрон.Двойное ярмо .

Изучение петель гистерезиса различных ферромагнитных материалов в переменных полях. Измерение начальной кривой намагничивания ферромагнетиков и предельной петли гистерезиса для образцов тороидальной формы, изготовленных из чистого железа или стали. Изучение параметрических колебаний в электрической цепи.

39. Защита работ

Обработка полученных экспериментальных данных. Анализ причин, приводящих к ошибкам измерения, и расчет погрешностей измерения исследуемых величин. Представление проделанной работы в виде научного отчета. Защита полученных результатов. Обсуждение вопроса по выбору.

40. Кольца Ньютона. Интерферометр Жамена. Интерферометр Релея.

Интерференционное измерение кривизны стеклянной поверхности с помощью колец Ньютона. Интерференционные измерения показателей преломления газов с помощью интерферометров Жамена и Релея.

41. Центрированные оптические системы. Моделирование оптических приборов.Рефрактометр Аббе.

Изучение методов определения фокусных расстояний линз и сложных оптических систем. Определение характеристик оптической системы, составленной из тонких линз. Изучение сферической и хроматической аберраций. Изучение моделей зрительных труб Кеплера и Галилея и модели микроскопа. Измерение показателей преломления твёрдых и жидких тел в монохроматическом свете с помощью рефрактометра Аббе.

42. Изучение лазера .

Изучение основных принципов работы гелий-неонового лазера, свойств лазерного излучения и измерение усиления лазерной трубки. Исследование состояния поляризации излучения лазера на исследуемой трубке. Наблюдение модовой структуры лазерного излучения.

43. Дифракция света.

Исследование явления дифракции Френеля и Фраунгофера на щели. Изучение влияния дифракции на разрешающую способность оптических инструментов.

44. Поляризация.

Ознакомление с методами получения и анализа поляризованного света. Определение показателя преломления эбонита через угол Брюстера. Исследование характера поляризации света в преломлённом и отражённом от стопы лучах. Исследование интерференции поляризованных лучей. Определение направления вращения светового вектора в эллиптически поляризованной волне.

45. Интерференция волн СВЧ.

Изучение интерференции электромагнитных волн миллиметрового диапазона с применением двух оптических интерференционных схем. Экспериментальное определение длины волны излучения и показателя преломления диэлектрика. Экспериментальная проверка закона Малюса.

46. Дифракционные решётки (гониометр).

Знакомство с работой и настройкой гониометра и определение спектральных характеристик амплитудной решётки. Исследование спектра ртутной лампы. Определение спектральных характеристик фазовой решётки (эшелетта).

47. Двойное лучепреломление.

Изучение зависимости показателя преломления необыкновенной волны от направления в двоякопреломляющем кристалле. Определение главных показателей преломления в кристалле.

48. Дифракция на ультразвуковых волнах.

Изучение дифракции света на синусоидальной акустической решётке и наблюдение фазовой решётки методом тёмного поля.

49. Разреш. способность микроскопа (метод Аббе).

Определение дифракционного предела разрешения объектива микроскопа методом Аббе. Определение периода решёток по их пространственному спектру, по изображению, увеличенному с помощью модели микроскопа, а также, по оценке разрешающей способности микроскопа. Пространственная фильтрация и мультиплицирование.

50. Защита работ

Обработка полученных экспериментальных данных. Анализ причин, приводящих к ошибкам измерения, и расчет погрешностей измерения исследуемых величин. Представление проделанной работы в виде научного отчета. Защита полученных результатов. Обсуждение вопроса по выбору.

51. Эффект Поккельса.

Исследование интерференции рассеянного света, прошедшего кристалл. Наблюдение изменения характера поляризации света при наложении на кристалл электрического поля.

52. Защита работ.

Проверяется знание студентами основ обработки результатов экспериментов. Защита работ.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Общая физика: механика

Цель дисциплины:

Освоение студентами базовых знаний в области механики для дальнейшего изучения других разделов физики и углубленного изучения фундаментальных основ механики.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся базовых знаний в области механики
- формирование умений и навыков применять изученные теоретические законы и математические инструменты для решения различных физических задач
- формирование общефизической культуры: умения выделять существенные физические явления и пренебрегать несущественными; умения проводить оценки физических величин; умения строить простейшие теоретические модели, описывающие физические процессы

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные законы и понятия механики, а также границы их применимости:
- основы кинематики: радиус-вектор, скорость, тангенциальное и нормальное ускорение, радиус кривизны траектории
- законы Ньютона в инерциальных и неинерциальных системах отсчёта
- законы сохранения импульса, энергии, момента импульса
- законы движения тел в поле тяготения (законы Кеплера)
- законы вращательного движения твёрдого тела вокруг неподвижной оси и при плоском движении
- основы приближённой теории гироскопов
- основные понятия теории колебаний: уравнение гармонических колебаний и его решение, затухание, добротность колебательной системы
- базовые понятия теории упругости и гидродинамики

основы специальной теории относительности :основные постулаты, преобразования Лоренца и их следствия, выражения для импульса и энергии релятивистских частиц

уметь:

- применять изученные общие физические законы для решения конкретных задач механики;
- записывать и решать уравнения движения частицы и системы частиц, в том числе при реактивном движении;
- применять законы сохранения для решения задач о динамике частицы, системы частиц или твёрдых тел;
- применять законы сохранения при исследовании упругих и неупругих столкновений частиц, в том числе релятивистских;
- рассчитывать параметры орбит при движении в поле тяготения для задачи двух тел;
- применять законы механики в различных системах отсчёта, в том числе неинерциальных;
- рассчитывать моменты инерции симметричных твёрдых тел и применять к ним законы вращательного движения;
- рассчитывать периоды колебаний различных механических систем с одной степенью свободы, в том числе для колебания твёрдых тел;
- анализировать физические задачи, выделяя существенные и несущественные аспекты явления, и на основе проведённого анализа строить упрощённые теоретические модели физических явлений;
- применять различные математические инструменты решения задач исходя из сформулированных физических законов , и проводить необходимые аналитические и численные расчёты.

владеть:

- основными методами решения задач механики;
- основными математическими инструментами, характерными для задач механики.

Темы и разделы курса:

1. Основы кинематики

Кинематика материальной точки. Материальная точка. Системы отсчёта и системы координат (декартова, полярная, сферическая). Радиус-вектор. Виды движения. Линейные и угловые скорости и ускорения. Формулы для нормального, тангенциального и полного ускорений точки. Траектория движения, радиус кривизны траектории.

2. Динамика частицы. Законы Ньютона

Динамика материальной точки. Задание состояния частицы в классической механике. Основная задача динамики. Первый закон Ньютона. Инерциальные и неинерциальные системы отсчёта. Масса частицы. Инертная и гравитационная массы. Импульс частицы. Примеры взаимодействий, описывающие индивидуальные свойства сил (сила гравитационного притяжения, упругая сила, силы трения и сопротивления и пр.). Второй закон Ньютона как уравнение движения. Роль начальных условий. Третий закон Ньютона.

3. Динамика систем частиц. Законы сохранения

Закон сохранения импульса. Движение тел с переменной массой. Уравнение Мещерского. Реактивное движение. Формула Циолковского. Работа силы. Мощность. Кинетическая энергия частицы. Понятие силового поля. Консервативные и неконсервативные силы. Потенциальная энергия. Потенциал поля. Закон сохранения энергии в механике. Динамика систем частиц (материальных точек). Центр инерции системы частиц (центр масс). Скорость и ускорение центра инерции системы частиц. Закон движения центра инерции. Система центра инерции (центра масс). Движение системы из двух взаимодействующих частиц (задача двух тел). Приведённая масса. Соотношение между кинетическими энергиями в различных системах отсчёта. Теорема Кёнига. Внутренняя энергия. Общефизический закон сохранения энергии. Анализ столкновения двух частиц для абсолютно упругого и неупругого ударов. Построение и использование векторных диаграмм. Пороговая энергия при неупругом столкновении частиц.

4. Момент импульса материальной точки

Момент импульса материальной точки относительно центра (начала) и оси. Момент силы. Связь момента импульса материальной точки с секториальной скоростью. Момент импульса системы материальных точек. Уравнение моментов. Закон сохранения момента импульса.

5. Законы Кеплера. Тяготение

Движение тел в центральном поле. Закон всемирного тяготения. Законы Кеплера. Финитные и инфинитные движения. Космические скорости. Связь параметров орбиты планеты с полной энергией и моментом импульса планеты. Теорема Гаусса и её применение для вычисления гравитационных полей.

6. Вращение твёрдого тела

Вращение твёрдого тела вокруг неподвижной оси. Момент инерции. Вычисление моментов инерции твёрдых тел. Теорема Гюйгенса–Штейнера. Уравнение моментов. Кинетическая энергия вращающегося тела. Уравнения движения и равновесия твёрдого тела. Мгновенная ось вращения. Угловая скорость как вектор, сложение вращений. Независимость угловой скорости вращения твёрдого тела от положения оси, к которой отнесено вращение. Понятие о тензоре инерции и эллипсоиде инерции. Главные оси инерции. Уравнение моментов

относительно движущегося начала и движущейся оси. Плоское движение твёрдого тела. Качение. Скатывание и вкатывание тел на наклонную плоскость. Регулярная прецессия свободного вращающегося симметричного волчка (ротатора). Гироскопы. Движение свободного гироскопа. Уравнение движения гироскопа под действием сил (приближённая теория). Гироскопические силы. Применения гироскопов.

7. Неинерциальные системы отсчёта

Силы инерции при ускоренном движении системы отсчёта. Второй закон Ньютона в неинерциальных системах отсчёта. Относительное, переносное, кориолисово ускорения. Центробежная и кориолисова силы. Вес тела. Отклонение падающих тел от направления отвеса. Маятник Фуко.

8. Механические колебания и волны

Механические колебания материальной точки. Гармонический осциллятор. Пружинный маятник и математический маятник. Частота и период колебаний. Анализ уравнения движения маятника. Роль начальных условий. Анализ колебаний материальной точки под действием вынуждающей синусоидальной силы. Резонанс. Резонансные кривые. Анализ затухающих колебаний. Сухое и вязкое трение. Коэффициент затухания, логарифмический декремент затухания, добротность. Фазовая плоскость. Механические колебания тел. Физический маятник. Приведённая длина, центр качания. Теорема Гюйгенса о физическом маятнике. Действие периодических толчков на гармонический осциллятор. Понятие о параметрических колебаниях и автоколебаниях. Описание волнового движения. Волновое число, фазовая скорость. Понятие о бегущих и стоячих волнах.

9. Элементы теории упругости

Упругие и пластические деформации. Растяжение и сжатие стержней. Коэффициент упругости, модуль Юнга, коэффициент Пуассона. Объёмная плотность энергии упругой деформации. Анализ всестороннего и одностороннего растяжения и сжатия. Деформации сдвига и кручения. Скорость распространения продольных упругих возмущений в стержнях.

10. Элементы гидродинамики

Жидкость и газ в состоянии равновесия. Условие равновесия во внешнем поле сил. Идеальная жидкость. Кинематическое описание движения жидкости. Линии тока, стационарное течение идеальной жидкости и газа. Уравнение Бернулли. Формула Торричелли. Вязкость. Стационарное течение вязкой жидкости по прямолинейной трубе. Формула Пуазейля. Ламинарное и турбулентное течения. Число Рейнольдса и его физический смысл. Пограничный слой и явления отрыва. Объяснение эффекта Магнуса. Понятие о подъёмной силе при обтекании крыла.

11. Основы специальной теории относительности

Принцип относительности. Интервал и его инвариантность. Преобразование координат и времени Лоренца, их физический смысл. Относительность понятия одновременности. Замедление времени. Собственное время жизни частицы. Лоренцево сокращение длины. Собственная длина. Сложение скоростей. Эффект Доплера. Импульс релятивистской частицы. Энергия релятивистской частицы, энергия покоя, кинетическая энергия. Связь между энергией и импульсом частицы. Инвариант энергии-импульса. Пороговая энергия при неупругом столкновении двух релятивистских частиц и её связь с классическим случаем неупругого столкновения частиц. Уравнение движения релятивистской частицы.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Общая физика: оптика

Цель дисциплины:

Освоение студентами базовых знаний в области оптических явлений для дальнейшего изучения других разделов физики и углубленного изучения фундаментальных основ оптики.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся базовых знаний в области оптики
- формирование умений и навыков применять изученные теоретические законы и математические инструменты для решения различных физических задач
- формирование общефизической культуры: умения выделять существенные физические явления и пренебрегать несущественными; умения проводить оценки физических величин; умения строить простейшие теоретические модели, описывающие физические процессы

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- о фундаментальные законы и понятия оптики, а также границы их применимости;
- о принцип Ферма и законы геометрической оптики;
- о волновое уравнение, плоские и сферические волны, принцип суперпозиции и интерференция монохроматических волн;
- о временная и пространственная когерентность источника;
- о принцип Гюйгенса–Френеля, дифракция Френеля;
- о дифракция Фраунгофера на щели;
- о спектральные приборы и их основные характеристики;
- о принципы фурье-оптики, пространственное фурье-разложение, эффект саморепродукции;
- о теория Аббе формирования оптического изображения, принцип двойной дифракции;
- о принципы голографии, условие Брэгга–Вульфа.

- о дисперсия света, фазовая и групповая скорости, классическая теория дисперсии;
- о поляризация света, естественный свет, явление Брюстера;
- о дихроизм, поляроиды, закон Малюса;
- о двойное лучепреломление в одноосных кристаллах, интерференционные явления в кристаллических пластинках, эффект Фарадея и эффект Керра.
- о нелинейные оптические явления, нелинейная поляризация среды, генерация второй гармоники (удвоение частоты), фазовый синхронизм, самофокусировка.

уметь:

- о применять изученные общие физические законы для решения конкретных задач по оптике:
- о применять законы геометрической оптики при построении изображений в оптических системах;
- о решать уравнения Гельмгольца для случаев плоских и сферических волн;
- о использовать понятие о зонах Френеля и спирали Френеля при решении задач дифракции на экране с осевой симметрией
- о использовать метод Рэлея решения задачи дифракции: волновое поле как суперпозиция плоских волн разных направлений (пространственное фурье-разложение);
- о анализировать физические задачи, выделяя существенные и несущественные аспекты явления, и на основе проведённого анализа строить упрощённые теоретические модели физических явлений;
- о применять различные математические инструменты решения задач исходя из сформулированных физических законов, и проводить необходимые аналитические и численные расчёты.

владеть:

- о основными методами решения задач оптики;
- о основными математическими инструментами, характерными для задач оптики.

Темы и разделы курса:

1. Геометрическая оптика и элементы фотометрии.

Принцип Ферма и законы геометрической оптики. Полное внутреннее отражение. Оптические инструменты: телескоп, микроскоп. Элементы фотометрии. Яркость и освещённость изображения.

2. Интерференция волн.

Волновое уравнение, монохроматические волны, комплексная амплитуда, уравнение Гельмгольца, плоские и сферические волны. Принцип суперпозиции и интерференция монохроматических волн. Видность полос, ширина полосы. Статистическая природа излучения квазимонохроматической волны. Временная когерентность, функция временной когерентности, связь со спектральной интенсивностью (теорема Винера–Хинчина). Ограничение на допустимую разность хода в двухлучевых интерференционных схемах, соотношение неопределенностей. Интерференция при использовании протяженных источников. Пространственная когерентность, функция пространственной когерентности, связь с распределением интенсивности излучения по источнику $I(x)$ (теорема Ван Циттерта–Цернике). Ограничения на допустимые размеры источника и апертуру интерференции в двухлучевых схемах. Лазеры как источники когерентного излучения.

3. Дифракция волн.

Дифракция волн. Принцип Гюйгенса–Френеля. Дифракция на тонком экране. Граничные условия Кирхгофа. Волновой параметр. Дифракция Френеля. Задачи с осевой симметрией, зоны Френеля, спираль Френеля. Зонные пластинки, линза. Дифракция на дополнительном экране, пятно Пуассона. Дифракция Фраунгофера. Световое поле в зоне Фраунгофера как преобразование Фурье граничного поля. Дифракция Фраунгофера на щели, дифракционная расходимость. Дифракционный предел разрешения телескопа и микроскопа. Поле в фокальной плоскости линзы.

4. Разрешающая способность оптических инструментов.

Спектральные приборы: призма, дифракционная решётка, интерферометр Фабри–Перо. Характеристики спектральных приборов: разрешающая способность, область дисперсии, угловая дисперсия. Теория Аббе формирования оптического изображения, принцип двойной дифракции. Полоса пропускания оптической системы, связь с разрешающей способностью. Разрешающая способность при когерентном и некогерентном освещении.

5. Элементы фурье-оптики.

Принципы фурье-оптики. Метод Рэлея решения задачи дифракции: волновое поле как суперпозиция плоских волн разных направлений (пространственное фурье-разложение), соотношение неопределённости. Дифракция Френеля на периодических структурах (эффект саморепродукции). Область геометрической оптики.

6. Элементы голографии.

Принципы голографии. Голограмма Габора. Голограмма с наклонным опорным пучком. Разрешающая способность голограммы. Объёмная голограмма, объёмная решётка в регистрирующей среде, условие Брэгга–Вульфа.

7. Дисперсия. Фазовая и групповая скорости.

Дисперсия света, фазовая и групповая скорости, формула Рэлея. Классическая теория дисперсии. Комплексный показатель преломления и поглощения света в среде. Затухающие волны, закон Бугера. Нормальная и аномальная дисперсии. Радиоволны в ионосфере и дальняя радиосвязь.

8. Поляризация света. Элементы кристаллооптики.

Поляризация света. Естественный свет. Явление Брюстера. Дихроизм, поляроиды, закон Малюса. Двойное лучепреломление в одноосных кристаллах. Интерференционные явления в кристаллических пластинках. Понятие об искусственной анизотропии. Эффект Фарадея и эффект Керра.

9. Рассеяние света.

Рэлеевское рассеяние (рассеяние на флуктуациях плотности). Эффективное сечение рассеяния. Поляризация рассеянного света

10. Нелинейные оптические явления.

Нелинейная поляризация среды. Генерация второй гармоники (удвоение частоты), фазовый синхронизм. Самофокусировка.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Общая физика: термодинамика и молекулярная физика

Цель дисциплины:

Освоение студентами базовых знаний в области механики для дальнейшего изучения других разделов физики и углубленного изучения фундаментальных основ статистической физики и физической кинетики.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся базовых знаний в области термодинамики и молекулярной физики
- формирование умений и навыков применять изученные теоретические законы и математические инструменты для решения различных физических задач
- формирование общефизической культуры: умения выделять существенные физические явления и пренебрегать несущественными; умения проводить оценки физических величин; умения строить простейшие теоретические модели, описывающие физические процессы

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные законы и понятия термодинамики и молекулярной физики, а также границы их применимости:
- основные законы термодинамики (1, 2, 3 «начала»)
- понятие о равновесных и неравновесных процессах, термодинамическое определение энтропии, закон возрастания энтропии, энтропия идеального газа
- основы молекулярно-кинетической теории (основное уравнение МКТ, длина свободного пробега, распределения Больцмана, Максвелла)
- основы статистической физики (статистический смысл энтропии, понятие о распределении Гиббса)
- основы квантовой теории теплоёмкости (степени свободы и их возбуждение, характеристические температуры, закон Дюлонга-Пти)

- основы теории фазовых переходов (фазовые диаграммы, теплоты переходов, уравнение Клапейрона-Клаузиуса)
- основные законы поверхностного натяжения (коэффициент поверхностного натяжения, формула Лапласа, внутренняя энергия единицы поверхности)
- основы теории процессов переноса: диффузия, теплопроводность, вязкость. Коэффициенты переноса в газовых средах. Броуновское движение, закон Эйнштейна-Смолуховского. Связь между подвижностью и коэффициентом диффузии.

уметь:

- применять изученные общие физические законы для решения конкретных задач механики:
- применять законы сохранения для расчёта процессов сжатия/расширения газов, в том числе: для расширения газа в пустоту; истечение газов из малого отверстия; течение в условиях эффекта Джоуля-Томсона
- рассчитывать КПД равновесных циклов тепловых и холодильных машин, в том числе заданных в координатах TS
- рассчитывать изменение энтропии в неравновесных процессах, а также максимальную и минимальную работы систем
- рассчитывать тепловые процессы с учётом наличия фазовых переходов и эффектов поверхностного натяжения
- рассчитывать тепловые процессы для неидеальных газов (для уравнения Ван-дер-Ваальса)
- пользоваться вероятностными распределениями, уметь вычислять средние значения и среднеквадратичные отклонения параметров для случаев распределений Больцмана и Максвелла.
- рассчитывать статистический вес и энтропию на основе статистической теории для простейших систем с дискретными энергетическими уровнями
- рассчитывать скорость переноса вещества (или тепла) при диффузии (или теплопроводности) в стационарных и квазистационарных случаях
- анализировать физические задачи, выделяя существенные и несущественные аспекты явления, и на основе проведённого анализа строить упрощённые теоретические модели физических явлений;
- применять различные математические инструменты решения задач исходя из сформулированных физических законов, и проводить необходимые аналитические и численные расчёты;

владеть:

- основными методами решения задач термодинамики и молекулярной физики;

□ основными математическими инструментами, характерными для задач термодинамики и молекулярной физики.

Темы и разделы курса:

1. Основные понятия молекулярной физики

Основные понятия молекулярной физики и термодинамики: предмет исследования, его характерные особенности. Задачи молекулярной физики. Макроскопические параметры. Агрегатные состояния вещества. Уравнения состояния (термическое и калорическое). Идеальный и неидеальный газы. Давление идеального газа как функция кинетической энергии молекул. Соотношение между температурой идеального газа и кинетической энергией его молекул. Законы идеальных газов. Уравнения состояния идеального газа.

Термодинамическая система. Термодинамические параметры. Нулевое начало термодинамики. Определение температуры идеального газа. Равновесное и неравновесное состояния. Квазистатические, обратимые и необратимые термодинамические процессы.

2. Термодинамические процессы. Первое начало термодинамики

Работа, теплота, внутренняя энергия. Функции состояния. Термическое и калорическое уравнения состояния. Первое начало термодинамики. Циклические процессы. Работа при циклическом процессе.

Теплоёмкость. Теплоёмкость идеальных газов при постоянном объёме и постоянном давлении, уравнение Майера.

Адиабатический и политропический процессы. Уравнения адиабаты и политропы для идеального газа. Независимость внутренней энергии идеального газа от объёма.

Скорость звука в газах. Энтальпия. Зависимость энтальпии идеального газа от давления. Скорость истечения газа из отверстия.

3. Второе начало термодинамики. Энтропия.

Формулировки второго начала. Тепловая машина. Определение КПД тепловой машины. Цикл Карно. Теорема Карно. Неравенство Клаузиуса. Максимальность КПД цикла Карно по сравнению с другими термодинамическими циклами.

Холодильная машина. Эффективность холодильной машины. Тепловой насос. Эффективность теплового насоса, работающего по циклу Карно. Связь между коэффициентами эффективности теплового насоса и холодильной машины.

Термодинамическое определение энтропии. Закон возрастания энтропии. Энтропия идеального газа. Энтропия в обратимых и необратимых процессах. Адиабатическое расширение идеального газа в вакуум. Объединённое уравнение первого и второго начал термодинамики.

Третье начало термодинамики. Изменение энтропии и теплоёмкости при приближении температуры к абсолютному нулю.

4. Термодинамические функции и их свойства

Свойства термодинамических функций. Максимальная и минимальная работа. Преобразования термодинамических функций. Соотношения Максвелла. Зависимость внутренней энергии от объёма. Зависимость теплоёмкости от объёма. Соотношение между C_P и C_V .

Теплофизические свойства твёрдых тел. Термодинамика деформации твёрдых тел. Изменение температуры при адиабатическом растяжении упругого стержня. Тепловое расширение как следствие ангармоничности колебаний в решётке. Коэффициент линейного расширения стержня.

5. Фазовые переходы

Фазовые переходы I и II рода. Химический потенциал. Условие равновесия фаз. Кривая фазового равновесия. Уравнение Клапейрона–Клаузиуса. Диаграмма состояния двухфазной системы «жидкость–пар». Зависимость теплоты фазового перехода от температуры. Критическая точка. Тройная точка. Диаграмма состояния «лёд–вода–пар». Метастабильные состояния. Перегретая жидкость и переохлаждённый пар.

6. Реальные газы

Газ Ван-дер-Ваальса как модель реального газа. Изотермы газа Ван-дер-Ваальса. Уравнение адиабаты газа Ван-дер-Ваальса. Правило Максвелла и правило рычага. Критические параметры и приведённое уравнение состояния газа Ван-дер-Ваальса. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса. Адиабатическое расширение газа Ван-дер-Ваальса в вакуум. Энтропия газа Ван-дер-Ваальса. Эффект Джоуля–Томсона. Адиабатическое расширение, дросселирование.

7. Поверхностные явления.

Термодинамика поверхности. Свободная энергия поверхности. Краевые углы. Смачивание и несмачивание. Формула Лапласа. Зависимость давления пара от кривизны поверхности жидкости. Кипение. Роль зародышей при образовании новой фазы.

8. Элементы теории вероятностей.

Условие нормировки. Средние величины и дисперсия. Биномиальный закон распределения. Распределение Пуассона. Распределение Гаусса.

9. Распределения Максвелла и Больцмана.

Распределения Максвелла. Распределение частиц по компонентам скорости и абсолютным значениям скорости. Доля молекул, лежащих в заданном интервале скоростей. Наиболее вероятная, средняя и среднеквадратичная скорости. Распределения Максвелла по энергиям. Среднее число ударов молекул, сталкивающихся в единицу времени с единичной площадкой. Средняя энергия молекул, вылетающих в вакуум через малое отверстие в сосуде.

Распределение Больцмана в однородном поле сил. Барометрическая формула. Распределение Максвелла–Больцмана.

10. Основы статистической физики.

Динамические и статистические закономерности. Макроскопические и микроскопические состояния. Фазовое пространство. Представление о распределении Гиббса. Микро- и макросостояния. Статистический вес макросостояния. Статистическая сумма и её использование для нахождения внутренней энергии. Энергия, теплоёмкость, энтропия газа, молекулы которого имеют два дискретных энергетических уровня.

Статистическое определение энтропии. Аддитивность энтропии. Закон возрастания энтропии. Статистическая температура. Энтропия при смешении газов. Парадокс Гиббса.

11. Теория теплоёмкостей.

Классическая теория теплоёмкостей. Закон равном распределения энергии теплового движения по степеням свободы. Теплоёмкость кристаллов (закон Дюлонга–Пти). Элементы квантовой теории теплоёмкостей. Характеристические температуры. Зависимость теплоёмкости от температуры.

12. Флуктуации.

Средние значения энергии и дисперсии (среднеквадратичной флуктуации) энергии частицы. Флуктуации и распределение Гаусса. Флуктуации термодинамических величин. Флуктуация температуры в фиксированном объёме. Флуктуация объёма в изотермическом и адиабатическом процессах. Флуктуации аддитивных физических величин. Зависимость флуктуаций от числа частиц, составляющих систему. Влияние флуктуаций на чувствительность измерительных приборов (на примере пружинных весов).

13. Элементы физической кинетики.

Столкновения. Эффективное газокинетическое сечение. Длина свободного пробега. Распределение молекул по длинам свободного пробега. Число столкновений молекул между собой. Явления переноса: вязкость, теплопроводность и диффузия. Законы Фика и Фурье. Коэффициенты вязкости, теплопроводности и диффузии в газах.

14. Броуновское движение. Явления переноса в разрежённых газах.

Подвижность. Закон Эйнштейна–Смолуховского. Связь подвижности частицы и коэффициента диффузии. Эффект Кнудсена. Эффузия. Течение разрежённого газа через прямолинейную трубу.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Общая физика: электричество и магнетизм

Цель дисциплины:

Освоение студентами базовых знаний в области физики электромагнитных явлений для дальнейшего изучения других разделов физики и углубленного изучения фундаментальных основ электричества и магнетизма

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся базовых знаний в области электричества и магнетизма
- формирование умений и навыков применять изученные теоретические законы и математические инструменты для решения различных физических задач
- формирование общефизической культуры: умения выделять существенные физические явления и пренебрегать несущественными; умения проводить оценки физических величин; умения строить простейшие теоретические модели, описывающие физические процессы

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- о фундаментальные законы и понятия физики электромагнитных явлений, а также границы их применимости;
- о закон сохранения заряда, закон Кулона, принцип суперпозиции, теорема Гаусса в интегральном и дифференциальном виде;
- о понятие потенциала и его связь с напряжённостью поля;
- о основные понятия при вычислении электрическое поля в веществе: векторы поляризации и электрической индукции, поляризуемость и диэлектрическая проницаемость;
- о закон Ома в интегральной и дифференциальной формах, правила Кирхгофа, закон Джоуля–Ленца;
- о закон Био–Савара, теорема о циркуляции для магнитного поля в интегральном и дифференциальном виде;

- о основные понятия при вычислении магнитного поля в веществе: магнитная индукция и напряжённость поля, вектор намагниченности, токи проводимости и молекулярные токи;
- о закон электромагнитной индукции, правило Ленца;
- о основные понятия теории колебаний: свободные затухающие колебания, коэффициент затухания, логарифмический декремент и добротность, вынужденные колебания, резонанс, параметрическое возбуждение колебаний, автоколебания;
- о уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной форме;
- о закон сохранения энергии и теорема Пойнтинга;
- о базовые понятия о плазме и волноводах.

уметь:

- о применять изученные общие физические законы для решения конкретных задач по электричеству и магнетизму;
- о применять теорему Гаусса для нахождения электрического поля в вакууме и в веществе;
- о записывать и решать уравнения Пуассона и Лапласа;
- о применять теорему о циркуляции для нахождения магнитного поля в вакууме и в веществе;
- о применять метод «изображений» для вычисления электрических и магнитных полей;
- о применять энергетический метод вычисления сил в электрическом и магнитном поле;
- о рассчитывать электрическую ёмкость и коэффициенты само- и взаимной индукции;
- о использовать комплексную форму представления колебаний и векторные диаграммы при расчете колебательных контуров;
- о анализировать физические задачи, выделяя существенные и несущественные аспекты явления, и на основе проведённого анализа строить упрощённые теоретические модели физических явлений;
- о применять различные математические инструменты решения задач исходя из сформулированных физических законов, и проводить необходимые аналитические и численные расчёты.

владеть:

- основными методами решения задач физики электромагнитных явлений;
- основными математическими инструментами, характерными для задач электричества и магнетизма.

Темы и разделы курса:

1. Электрическое поле в вакууме

1. Электрическое поле в вакууме. Электрические заряды и электрическое поле. Закон сохранения заряда. Напряжённость электрического поля. Закон Кулона. Система единиц СГСЭ. Принцип суперпозиции. Электрическое поле диполя. Теорема Гаусса для электрического поля в вакууме в интегральной и дифференциальной формах. Её применение для нахождения электростатических полей. Потенциальный характер электростатического поля. Потенциал и разность потенциалов. Связь напряжённости поля с градиентом потенциала. Граничные условия на заряженной поверхности. Уравнения Пуассона и Лапласа. Единственность решения электростатической задачи. Метод «изобразений».

2. Электрическое поле в веществе. Проводники в электрическом поле. Поляризация диэлектриков. Вектор поляризации. Свободные и связанные заряды. Теорема Гаусса при наличии диэлектриков. Вектор электрической индукции. Поляризуемость и диэлектрическая проницаемость. Граничные условия на поверхности проводника и на границе двух диэлектриков. Электрическая ёмкость. Конденсаторы. Энергия электрического поля и её локализация в пространстве. Объёмная плотность энергии. Взаимная энергия зарядов. Энергия диполя в электрическом поле. Энергетический метод вычисления сил в электрическом поле.

3. Магнитное поле постоянных токов в вакууме. Постоянный ток. Сила и плотность тока. Закон Ома в интегральной и дифференциальной формах. Электродвижущая сила. Правила Кирхгофа. Работа и мощность постоянного тока. Закон Джоуля–Ленца. Токи в объёмных средах. Магнитное поле постоянных токов в вакууме. Вектор магнитной индукции. Сила Лоренца. Сила Ампера. Закон Био–Савара. Магнитное поле равномерно движущегося точечного заряда. Рамка с током в магнитном поле. Магнитный момент тока. Теорема о циркуляции для магнитного поля в вакууме и её применение к расчету магнитных полей. Магнитное поле тороидальной катушки и соленоида. Дифференциальная форма теоремы о циркуляции.

4. Магнитное поле в веществе. Магнитная индукция и напряжённость поля. Вектор намагничённости. Токи проводимости и молекулярные токи. Теорема о циркуляции для магнитного поля в веществе. Граничные условия на границе двух магнетиков. Применение теоремы о циркуляции для расчёта магнитных полей. Магнитные свойства вещества. Качественные представления о механизме намагничивания пара- и диамагнетиков. Понятие о ферромагнетиках. Гистерезис. Магнитные свойства сверхпроводников I рода. Электромагнитная индукция в движущихся и неподвижных проводниках. Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца. Относительный характер электрического и магнитного полей. Преобразование $\rightarrow E$ и $\rightarrow B$ (при $v \ll c$). Коэффициенты само- и взаимной индукции. Процесс установления тока в цепи, содержащей индуктивность. Теорема взаимности. Магнитная энергия и её локализация в пространстве. Объёмная плотность энергии. Энергетический метод вычисления сил в магнитном поле. Подъёмная сила электромагнита.

5. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях. Определение удельного заряда электрона.

6. Электромагнитные колебания. Квazистационарные процессы. Колебания в линейных системах. Колебательный контур. Свободные затухающие колебания. Коэффициент затухания, логарифмический декремент и добротность. Энергетический смысл добротности. Вынужденные колебания под действием синусоидальной силы. Амплитудная и фазовая характеристики. Резонанс. Процесс установления стационарных колебаний. Параметрическое возбуждение колебаний. Понятие об автоколебаниях. Обратная связь. Условие самовозбуждения. Роль нелинейности. Электрические флуктуации. Тепловой шум, формула Найквиста. Дробовой шум, формула Шоттки (без вывода). Флуктуационный предел измерения слабых сигналов. Комплексная форма представления колебаний. Векторные диаграммы. Комплексное сопротивление (импеданс). Правила Кирхгофа для переменных токов. Работа и мощность переменного тока. Вынужденные колебания под действием несинусоидальной силы. Амплитудная и фазовая модуляции. Понятие о спектральном разложении. Спектр одиночного прямоугольного импульса и периодической последовательности импульсов. Соотношение неопределённостей. Спектральный анализ линейных систем. Колебательный контур как спектральный прибор. Частотная характеристика и импульсный отклик. Понятие о детектировании модулированных сигналов.

7. Электромагнитные волны. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной форме. Граничные условия. Ток смещения. Материальные уравнения. Волновое уравнение. Электромагнитные волны в однородном диэлектрике, их поперечность и скорость распространения. Поток энергии в электромагнитной волне. Закон сохранения энергии и теорема Пойнтинга. Электромагнитная природа света. Монохроматические волны. Комплексная амплитуда. Уравнение Гельмгольца. Плоские и сферические волны. Давление излучения. Электромагнитный импульс. Излучение диполя (без вывода). Понятие о линиях передачи энергии. Двухпроводная линия. Коэффициент стоячей волны (КСВ). Согласованная нагрузка. Электромагнитные волны в прямоугольном волноводе. Дисперсионное уравнение. Критическая частота. Понятие об объёмных резонаторах.. Скин-эффект. Электромагнитные волны на границе раздела двух диэлектриков. Формулы Френеля. Явление Брюстера. Явление полного внутреннего отражения. Понятие о поверхностных волнах.

8. Плазма.. Плазма. Экранировка, дебаевский радиус. Плазменная частота. Диэлектрическая проницаемость плазмы. Электромагнитные волны в плазме.

2. Электрическое поле в веществе

Проводники в электрическом поле. Поляризация диэлектриков. Вектор поляризации. Свободные и связанные заряды. Теорема Гаусса при наличии диэлектриков. Вектор электрической индукции. Поляризуемость и диэлектрическая проницаемость. Граничные условия на поверхности проводника и на границе двух диэлектриков. Электрическая ёмкость. Конденсаторы. Энергия электрического поля и её локализация в пространстве. Объёмная плотность энергии. Взаимная энергия зарядов. Энергия диполя в электрическом поле. Энергетический метод вычисления сил в электрическом поле.

3. Магнитное поле постоянных токов в вакууме

Постоянный ток. Сила и плотность тока. Закон Ома в интегральной и дифференциальной формах. Электродвижущая сила. Правила Кирхгофа. Работа и мощность постоянного тока. Закон Джоуля–Ленца. Токи в объёмных средах. Магнитное поле постоянных токов в вакууме. Вектор магнитной индукции. Сила Лоренца. Сила Ампера. Закон Био–Савара. Магнитное поле равномерно движущегося точечного заряда. Рамка с током в магнитном поле. Магнитный момент тока. Теорема о циркуляции для магнитного поля в вакууме и её применение к расчету магнитных полей. Магнитное поле тороидальной катушки и соленоида. Дифференциальная форма теоремы о циркуляции.

4. Магнитное поле в веществе

Магнитная индукция и напряжённость поля. Вектор намагниченности. Токи проводимости и молекулярные токи. Теорема о циркуляции для магнитного поля в веществе. Граничные условия на границе двух магнетиков. Применение теоремы о циркуляции для расчёта магнитных полей. Магнитные свойства вещества. Качественные представления о механизме намагничивания пара- и диамагнетиков. Понятие о ферромагнетиках. Гистерезис. Магнитные свойства сверхпроводников I рода. Электромагнитная индукция в движущихся и неподвижных проводниках. Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца. Относительный характер электрического и магнитного полей. Преобразование $\rightarrow E$ и $\rightarrow B$ (при $v \ll c$). Коэффициенты само- и взаимной индукции. Процесс установления тока в цепи, содержащей индуктивность. Теорема взаимности. Магнитная энергия и её локализация в пространстве. Объёмная плотность энергии. Энергетический метод вычисления сил в магнитном поле. Подъёмная сила электромагнита.

5. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях

Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях. Определение удельного заряда электрона.

6. Электромагнитные колебания

Квазистационарные процессы. Колебания в линейных системах. Колебательный контур. Свободные затухающие колебания. Коэффициент затухания, логарифмический декремент и добротность. Энергетический смысл добротности. Вынужденные колебания под действием синусоидальной силы. Амплитудная и фазовая характеристики. Резонанс. Процесс установления стационарных колебаний. Параметрическое возбуждение колебаний. Понятие об автоколебаниях. Обратная связь. Условие самовозбуждения. Роль нелинейности. Электрические флуктуации. Тепловой шум, формула Найквиста. Дробовой шум, формула Шоттки (без вывода). Флуктуационный предел измерения слабых сигналов. Комплексная форма представления колебаний. Векторные диаграммы. Комплексное сопротивление (импеданс). Правила Кирхгофа для переменных токов. Работа и мощность переменного тока. Вынужденные колебания под действием несинусоидальной силы. Амплитудная и фазовая модуляции. Понятие о спектральном разложении. Спектр одиночного прямоугольного импульса и периодической последовательности импульсов. Соотношение неопределённостей. Спектральный анализ линейных систем. Колебательный контур как спектральный прибор. Частотная характеристика и импульсный отклик. Понятие о детектировании модулированных сигналов.

7. Электромагнитные волны

Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной форме. Граничные условия. Ток смещения. Материальные уравнения. Волновое уравнение. Электромагнитные волны в однородном диэлектрике, их поперечность и скорость распространения. Поток энергии в электромагнитной волне. Закон сохранения энергии и теорема Пойнтинга. Электромагнитная природа света. Монохроматические волны. Комплексная амплитуда. Уравнение Гельмгольца. Плоские и сферические волны Давление излучения. Электромагнитный импульс. Излучение диполя (без вывода). Понятие о линиях передачи энергии. Двухпроводная линия. Коэффициент стоячей волны (КСВ). Согласованная нагрузка. Электромагнитные волны в прямоугольном волноводе. Дисперсионное уравнение. Критическая частота. Понятие об объёмных резонаторах.. Скин-эффект. Электромагнитные волны на границе раздела двух диэлектриков. Формулы Френеля. Явление Брюстера. Явление полного внутреннего отражения. Понятие о поверхностных волнах.

8. Плазма

Плазма. Экранировка, дебаевский радиус. Плазменная частота. Диэлектрическая проницаемость плазмы. Электромагнитные волны в плазме.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Объекты космофизических исследований

Цель дисциплины:

формирование базовых знаний по физическим основам космических плазменных объектов, принципам их формирования и динамики, а также методам их исследования;

Задачи дисциплины:

Дать студентам базовую информацию по основам физики космической плазмы и основным процессам протекающим в плазменных объектах гелиосферы

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные физические принципы формирования и динамики плазменных систем в гелиосфере; основные физические принципы измерения плазменных частиц и полей в космических экспериментах

уметь:

решать простейшие задачи по определению основных плазменных характеристик и пространственных масштабов плазменных объектов по спутниковым наблюдениям.

владеть:

математическим аппаратом, необходимым для анализа и интерпретации спутниковых наблюдений.

Темы и разделы курса:

1. Космическая плазма, основные понятия, характерные параметры, методы описания плазмы

Основные понятия. Характеристики космической плазмы. Движение заряженных частиц в плазме. Основные состояния плазмы. Кинетическое описание плазмы и функции

распределения заряженных частиц по скоростям. МГД описание плазмы. Плазменные волны и неустойчивости.

2. Солнце и солнечный ветер. Активные процессы на Солнце и их проявления в гелиосфере

Основные плазменные оболочки Солнца (фотосфера, хромосфера, корона), их характеристики. Солнечный ветер и его свойства. Основные принципы формирования солнечного ветра. Магнитная структура короны и солнечного ветра. Короткие потоки в солнечном ветре. Корональные выбросы массы. Бесстолкновительные ударные волны. Структура ударных волн. Квазипараллельные и квазиперпендикулярные ударные волны. Ускорение заряженных частиц. Космические лучи.

3. Взаимодействие солнечного ветра с магнитными и немагнитными планетами. Формирование магнитосферы. Структура и динамика магнитосферы

Взаимодействие солнечного ветра с магнитными и немагнитными планетами. Собственная и индуцированная магнитосферы, их сходства и различия. Магнитосфера Земли, ее токовые системы и основные плазменные области. Структура магнитосферных границ и геомагнитного хвоста. Магнитное пересоединение и его роль в динамике магнитосферы. Плазменные процессы в авроральной области. Понятие геомагнитной активности и методы ее измерения. Магнитные бури и суббури. Модели суббурь. Спутниковые исследования планетных магнитосфер с собственным и индуцированным магнитным полем. Современные результаты и проблемы.

4. Спутниковые методы измерения плазменных характеристик и полей в космической плазме

Измерения характеристик плазмы с помощью плазменных спектрометров. Принцип действия электростатических анализаторов плазмы. Принципы измерения массового состава ионной компоненты плазмы. Измерения электрических и магнитных полей в космосе.

5. Методы анализа спутниковых данных

Определение ориентации и скорости движения плазменных границ и их пространственных масштабов. Преимущества многоспутниковых методов анализа. Исследование токовых систем в космической плазме многоспутниковыми методами.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Оптика наноструктур

Цель дисциплины:

Целью дисциплины «Оптика наноструктур» является формирование базовых знаний по спектроскопии полупроводниковых и металлических наноструктур для дальнейшего использования в физике конденсированного состояния и других смежных дисциплинах естественнонаучного содержания; формирование кругозора в физике низкоразмерных систем, исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся базовых знаний по физике низкоразмерных электронных систем;
- формирование базовых знаний по оптическим методам исследования свойств наноструктур;
- формирование умений и навыков применять полученные знания для решения задач в физике наноструктур и взаимодействии света с электронной подсистемой твердых тел, самостоятельного анализа полученных результатов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные определения физики конденсированного состояния;
- характеристики энергетического спектра носителей в системах различной размерности (3,2,1,0), законы дисперсии электронов в полупроводниковых наноструктурах различного типа;
- гамильтониан взаимодействия электромагнитной волны с электронной системой, вывод соотношений для вероятности межзонного и межподзонных оптических переходов электронов в кристаллах, правила отбора для таких переходов;
- принципы оптической ориентации спинов носителей в полупроводниковых структурах;
- дисперсионные соотношения и параметры связанных состояний для экситонов Ванье-Мотта в полупроводниках, представление об экситонных поляритонах;
- идею и отличительные свойства основных оптических методик – фотолюминесценции, неупругого рассеяния света, спектроскопии поглощения;

- основные соотношения теории Ми для поверхностных резонансов металлических наночастиц, механизм усиления рамановского рассеяния света на металлических наночастицах;
- основные методы исследования полупроводниковых квантовых точек.

уметь:

- решать одночастичные задачи об энергетическом спектре электронов в низкоразмерных системах;
- выводить законы дисперсий квазичастиц в периодических сверхрешетках;
- выводить аналитические выражения для диэлектрической функции полупроводниковых кристаллов в области межзонных и межподзонных переходов;
- анализировать поведение коэффициента оптического поглощения в окрестности особых точек энергетического спектра электронных зон;
- вычислять порог оптического поглощения для полупроводниковых наноструктур разной размерности в зависимости от основных зонных параметров;
- выводить соотношения для коэффициента поверхностного усиления рамановского рассеяния на сферических металлических наночастицах.

владеть:

- математическим аппаратом квантовой механики электронов в кристаллических структурах;
- математическим аппаратом электродинамики.

Темы и разделы курса:

1. Размерное квантование

Композитные полупроводниковые материалы. Гетероструктуры. Гетеропереходы I и II рода. Квантовая яма. Квантовый барьер. Квантовая проволока. Квантовая точка. Сверхрешетка. Низкоразмерные электронные и дырочные системы. Уравнение Шредингера в приближении эффективной массы. Блоховская волновая функция электрона. Граничное условие Бастарда. Размерное квантование энергетического спектра. Подзона размерного квантования. Метод матриц переноса. Энергетический спектр электронов в периодической сверхрешетке. Нормальные и соленоидальные электромагнитные поля в оптических сверхрешетках. Поверхностные поляритоны.

2. Оптические переходы между зонами и подзонами

Плотность энергетических состояний носителей в системах различной размерности. Гамильтониан взаимодействия света с электронной системой. Вероятность перехода электрона между состояниями под действием света. Законы сохранения и правила отбора

при оптических межзонных и внутризонных переходах электронов в полупроводниковых кристаллах. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Связь коэффициента экстинкции с полной вероятностью оптических переходов. Соотношения Крамерса-Кронига.

3. Связь оптических констант с зонными параметрами полупроводника

Дипольно разрешенные и запрещенные оптические переходы. Связь полной вероятности оптического перехода с комбинированной плотностью состояний. Аналитическое поведение оптических констант вблизи особых точек энергетического спектра электронов. Особенности Ван-Хова. Точки минимума, максимума и седловые точки. Связь спектра межзонного и межподзонного поглощения с особенностями зонной структуры полупроводника. Переходы между минизонами в сверхрешетках.

4. Экситоны и магнитоэкситоны

Экситоны Ванье-Мотта. Объемные, двумерные и квазидвумерные экситоны. Боровский радиус трехмерных и двумерных экситонов. Энергия связи и дисперсия экситонов. Экситонный вклад в спектр межзонного поглощения полупроводника. Магнитоэкситоны. Диамагнитный сдвиг энергии экситонов. Диамагнитные экситоны. Энергия связи диамагнитных экситонов. Экситонные эффекты в спектрах отражения и пропускания. Отражение света от одиночной квантовой ямы вблизи экситонного резонанса.

5. Экситонные поляритоны

Концепция экситонных поляритонов. Экситонные поляритоны в структурах с периодическим набором квантовых ям. Брэгговские зеркала. Квантовые микрорезонаторы. Дисперсия фотонов в квантовом микрорезонаторе. Частота Раби для экситонных поляритонов. Закон дисперсии двумерных экситонных поляритонов. Представление о Бозе-Эйнштейновской конденсации двумерных экситонных поляритонов.

6. Фотолюминесценция полупроводников. Принципы оптической ориентации спинов носителей. Неупругое рассеяние света.

Представление о спектроскопии фотолюминесценции твердых тел. Принципы оптической ориентации спинов свободных носителей в полупроводниках. Матричные операторы возмущения циркулярно поляризованным светом для межзонных оптических переходов. Уравнения кинетики для стационарного фотовозбуждения спиновых подсистем носителей. Степень спиновой поляризации. Время жизни ориентированного спина фотоэлектрона. Стационарный и нестационарный эффект Ханле. Понятие о неупругом рассеянии света. Законы сохранения в процессе рассеяния света. Осцилляторная модель рассеяния света. Двойной оптический резонанс. Изучение закона дисперсии квазичастиц методом неупругого рассеяния света.

7. Оптические резонансные свойства металлических наночастиц

Неупругое рассеяние света на молекулярных колебаниях. Феноменология эффекта поверхностно-усиленного рамановского рассеяния (SERS). Резонансы Ми. Электромагнитный и химический механизмы усиления SERS. Эффекты формы и размера. Локализованные поверхностные плазмоны. Связь усиления ближнего поля с параметрами металла. Применения SERS.

8. Оптические методы исследования квантовых точек

Размерное квантование электронных и фононных возбуждений квантовых точек. Поглощение света и фотолюминесценция квантовых точек.

Оптические методы исследования ансамблей квантовых точек. Экспериментальные методики исследования одиночных квантовых точек. Применения квантовых точек. Спектральные маркеры на квантовых точках.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Оптические приборы

Цель дисциплины:

Предоставить студентам возможность понимать, что такое оптические приборы, которые используются для исследования различных физических, природных феноменов.

Задачи дисциплины:

Ознакомить студентов с основными оптическими приборами, свойствами и областью применимости этих приборов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Свойства и область применения основных оптических приборов.

уметь:

Использовать основные оптические приборы по их назначению.

владеть:

Навыками работы с оптическими приборами.

Темы и разделы курса:

1. Дифракционная решётка

Разрешающая способность. Нормальная ширина щели. Порядки решётки.

2. Измерение температуры пламени

Формула Планка. Закон смещения Вина. Закон Стефана-Больцмана. Приближения Вина и Релея-Джинса.

3. Эффект Зеемана

Эффект Зеемана. Призмный монохроматор. Интерферометр Фабри-Перо. Поляризатор. Пластика $\lambda/4$.

4. Изучение свойств световодов

Оптическое волокно. Многомодовые и одномодовые волокна. Числовая апертура. Диаметр пятна моды. Дисперсия.

5. Полупроводниковый лазер

Светодиод. Интерферометр Фабри-Перо. Продольные моды. Гетероструктуры.

6. Свойства слоистых структур

Интерференционный светофильтр. Просветление оптики. Отрезающие, полосовые, режекторные светофильтры.

7. Модуляция света

Механический, электрооптический, магнитооптический модуляторы. Максимальные частоты модуляции.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Оптические свойства проводников и диэлектриков

Цель дисциплины:

Предоставить обучающимся возможность понимать «на пальцах» происхождение основных различий в оптических, точнее в электродинамических (частоты от «нулевых» до рентгеновских) свойствах главных типов материальных сред – диэлектриков, полупроводников, металлов и сверхпроводников. Ознакомить обучающихся с основными методами и подходами оптической спектроскопии – одного из наиболее мощных экспериментальных инструментов исследования конденсированного состояния вещества.

Задачи дисциплины:

Ознакомить обучающихся с простейшими феноменологическими моделями электродинамического отклика конденсированных сред различных типов: диэлектриков, полупроводников, металлов, сверхпроводников. Продемонстрировать на качественном и модельном уровнях происхождение главных отличий электродинамических характеристик конденсированных сред различных типов. Обсудить основные методы экспериментального определения электродинамических свойств конденсированных сред различных типов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Основные электродинамические характеристики важнейших классов конденсированных сред: диэлектриков, полупроводников, металлов (проводников), сверхпроводников. Основы электродинамических (оптических) свойств комплексных (слоистых) систем, включающих перечисленные типы веществ.

уметь:

По частотным и температурным зависимостям электродинамических свойств (коэффициентов поглощения, преломления и т. д) материалов идентифицировать их тип (диэлектрик, полупроводник, металл/проводник, сверхпроводник). Выбирать тип материала для использования в экспериментальном процессе и при конструировании приборов и устройств.

владеть:

-Начальными навыками по измерениям спектральных характеристик материалов.

Темы и разделы курса:

1. Уравнения Максвелла и материальные уравнения

История формулирования уравнений. Вид и структура уравнений. Микроскопические и макроскопические уравнения. Материальные уравнения. Временная и пространственная дисперсия.

2. Свойства тензора диэлектрической проницаемости

Принцип причинности и диэлектрическая проницаемость. Соотношения Крамерса-Кронига. Взаимосвязь материальных тензоров. Роль соотношений Крамерса-Кронига в Фурье-спектроскопии. Следствие соотношений Крамерса-Кронига. Нормальные электромагнитные волны в веществе. Энергия электромагнитных волн.

3. Оптика диэлектриков

Полярные и неполярные диэлектрики. Диэлектрическая проницаемость полярных и неполярных диэлектриков. Локальное электрическое поле, поправка Лоренц-Лоренца, сдвиг резонансных частот. Модель Дебая. Качественные спектры оптических характеристик диэлектриков.

4. Оптика проводников

Простейшая модель проводящей среды. Модель проводимости Друде. Диэлектрическая проницаемость проводника. Оптические свойства металлов/проводников на низких и промежуточных частотах; ультрафиолетовая прозрачность металлов. Характерные частоты в оптических спектрах металлов. Качественные спектры оптических характеристик металлов. Правило сумм для оптической проводимости. Нормальный и аномальный скин-эффект. Поверхностный импеданс. Импеданс пленок, в том числе тонких.

5. Оптика полупроводников

Основные механизмы поглощения полупроводника. Комбинированная плотность состояний. Особые точки Ван-Хова. Качественные спектры оптических характеристик полупроводников.

6. Оптика сверхпроводников

Экскурс в историю открытия сверхпроводимости и открытия сверхпроводников различных типов, в том числе высокотемпературных. Возможность комнатно-температурной сверхпроводимости. Основные типы и свойства высокотемпературных сверхпроводников. Оптические свойства БКШ-сверхпроводников. Двухжидкостная модель сверхпроводимости. Проблемы Фурье-спектроскопии отражения сверхпроводников. Поперечные плазмоны в сверхпроводниках на основе меди. Правило сумм для сверхпроводника. Качественные спектры оптических характеристик диэлектриков, полупроводников, проводников и сверхпроводников.

7. Оптика слоистых структур

Формулы Френеля для границы раздела двух сред; фазовые сдвиги на границе раздела. Плоско-параллельный слой в вакууме и на границе раздела двух сред. Оптика тонких

металлических пленок; слой Вальтерсдорфа; согласование границы раздела сред в нулевом порядке интерференции. Оптика многослойных сред; общий метод конструирования формул для оптических коэффициентов многослойных сред.

8. Экспериментальные методы оптической спектроскопии

Характерные энергии физических процессов в конденсированных средах. Источники и детекторы электромагнитных волн разных частот. Методы спектроскопии в различных диапазонах частот. Принципы спектроскопии: монохроматическая спектроскопия, спектроскопия с временным разрешением, Фурье-спектроскопия. Измерительные конфигурации: однопроходные схемы, резонаторные схемы, интерферометрические схемы. Методы терагерцовой спектроскопии. Панорамная оптическая спектроскопия.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Основы астрономии

Цель дисциплины:

- познакомить студентов понятиями, используемыми в астрономии, и с основными направлениями современной астрономии.

Задачи дисциплины:

Студенты должны получить основные знания о современной астрономии, об историческом развитии астрономического знания и о современном статусе теоретических и экспериментальных исследований. Курс включает знакомство с основными современными экспериментами и исследованиями, при этом особое внимание уделяется описанию участия в них групп из ИТЭФ, что призвано помочь студентам в выборе научных руководителей.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- содержание предмета курса «Основы астрономии», применяемую в астрономии терминологию и понятийный аппарат. Иметь представление о строении Солнечной системы, Галактики, Вселенной. Представлять ход небесных светил и их положение друг относительно друга. Знать основные астрономические приборы и наблюдения, лежащие в основе современной астрономии.

уметь:

- переводить координаты небесных объектов из одной системы в другую;
- определять абсолютные звёздные величины светил по известным видимым;
- показывать на диаграмме Герцшпрунга - Рассела эволюционные треки звёзд разных масс.

владеть:

- базовым понятийным аппаратом;
- иметь представление об астрономических объектах, их размерах и масштабе расстояний до них.

Темы и разделы курса:

1. Предмет и задачи астрономии

Предмет и задачи астрономии, подразделение астрономии, основные этапы развития астрономии.

Единицы расстояний в астрономии. Определение расстояний до небесных тел. Суточный и годичный параллакс, рефракция.

2. Основные сведения из сферической астрономии

Небесная сфера, системы небесных координат. Сферический треугольник и основные формулы сферической тригонометрии.

Основы измерения времени, уравнение времени, календарь.

3. Основы астрофотометрии. Интенсивность излучения

Освещённость, звёздная величина. Электромагнитный спектр. Свойства излучения. Методы определения температуры.

Интенсивность излучения. Оптическая толщина. Закон Планка. Приближения Вина и Релея-Джинса. Закон Стефана-Больцмана. Эффективная, яркостная и цветовая температура.

4. Астрофизические инструменты и основные методы наблюдений

Телескопы гамма, рентген, УФ, оптика, ИК, радио. Нейтринные телескопы, грав-волновые антенны. Сравнение разрешения глаза и современного телескопа.

5. Солнечная система. Планеты, малые тела. Законы Кеплера

Солнечная система. Планеты, спутники планет и малые тела. Кометы и метеорные потоки. Законы Кеплера. Элементы орбит планет. Определение масс небесных тел.

6. Солнце

Солнце - строение и химический состав. Активность на поверхности Солнца: пятна, вспышки, протуберанцы. Солнечный цикл активности. Гелиосейсмология.

7. Звёзды: основные параметры, химсостав. Спектральная классификация

Звёзды: основные параметры, химсостав. Спектральная классификация. Классы светимости. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела.

8. Физика звёзд

Звёзды: строение, шкалы времён звёздной эволюции, источники энергии.

9. Эволюция звёзд

Звездообразование, неустойчивость Джинса. Перемещение звезды по диаграмме Герцшпрунга - Рассела в ходе эволюции.

10. Переменные звёзды

Причины переменности блеска звёзд. Затменные переменные и физически переменные звёзды. Пульсирующие переменные звёзды. Взрывные и новоподобные звёзды.

11. Последние стадии эволюции звёзд

Сверхновые. Белые карлики, нейтронные звёзды и чёрные дыры. Пульсары.

12. Галактики

Состав галактик: звездное население, скопления звезд, газовые и пылевые облака. Классификация галактик. Сверхмассивные черные дыры в галактиках, активные ядра и квазары.

13. Шкала расстояний во Вселенной

Методы определения расстояний во Вселенной по разным объектам. Лестница расстояний.

14. Элементы космологии

Закон Хаббла, возраст Вселенной. Красное смещение. Реликтовое излучение, распространенность первичных элементов.

15. Гравитационное линзирование

Гравитационное линзирование: сильное, слабое, микролинзирование. Линзированные галактики, сверхновые, активные ядра галактик.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Основы атомной и молекулярной спектроскопии

Цель дисциплины:

Освоение студентами фундаментальных знаний в области спектроскопии атомов и молекул, общих вопросов теории изучения, способов создания лабораторных установок и устройств, размещаемых на авиационных и космических носителях и изучения с их помощью физических процессов протекающих в лабораториях, в атмосфере и в космосе.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области оптических и спектральных исследований атомов и молекул как дисциплины, интегрирующей общезначимую и общетеоретическую подготовку физиков и обеспечивающей технологические основы современных инновационных сфер деятельности;
- обучение студентов принципам создания оптических и спектральных устройств, выявление особенностей их функциональных характеристик;
- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области спектроскопии в рамках выполнения работ в лабораториях базовых предприятий;
- приобретение навыков применения полученных знаний в смежных и междисциплинарных научных областях;

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные понятия, законы, теории классической и квантовой физики;
- порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;
- современные проблемы и методы физики и математики;
- общие подходы к решению прикладных и теоретических задач физики атомов и молекул и техники современного спектрального оборудования;

уметь:

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;

- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных, прикладных задач и технологических задач;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- видеть физическое содержание в технических задачах;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
- получать наилучшие значения параметров спектральных и иных электрофизических установок различного назначения и правильно оценивать степень их достоверности;
- эффективно использовать полученные знания, имеющиеся методы решения задач экспериментальной физики для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
- навыками теоретического анализа реальных задач, связанных с созданием современного спектрального и, прикладных и медицинских исследований.

Темы и разделы курса:

1. Излучение и поглощение света атомами

Теория возмущений первого порядка по взаимодействию атома с полем. Вероятности излучения и поглощения света. Спонтанное и вынужденное излучение. Коэффициенты Эйнштейна. Понятие о силе осцилляторов. Переходы различной мультиплетности, правила отбора для электро-дипольного, магнитно-дипольного и электро-квадрупольного излучения. Силы переходов. Правила сумм для сил переходов. Вероятности спонтанных связанно-связанных переходов в атомах. Зависимость от квантовых чисел и частоты. Ширины энергетических уровней и спектральных линий. Радиационное время жизни атома и его зависимость от главного и орбитального квантовых чисел. Оценки характерных величин коэффициентов Эйнштейна, радиационных времен жизни и естественных ширины линий на переходах между низковозбужденными и высоковозбужденными уровнями.

2. Спектры водорода и щелочных металлов

Уровни энергии и спектры. Тонкая структура уровней. Вакуумный сдвиг. Спектральные серии щелочных металлов. Квантовый дефект. Дублетная структура уровней.

3. Систематика спектров сложных атомов

Приближение центрального поля. Электростатическое и магнитное взаимодействие электронов. Типы связей. Элементы теории угловых моментов. LS-связь. Определение набора термов для конфигураций с неэквивалентными и эквивалентными электронами. Исходные термы Генеалогические коэффициенты. Классификация термов по старшинству. Мультиплетная структура термов. Связь типа jj , связь типа jl . Трансформация типов связи. Промежуточная связь. Взаимодействие электронных конфигураций.

4. Спектры элементов с внешними p- электронами

Нормальные и возбужденные электронные конфигурации. Нахождение термов. Мультиплетная структура. Отступление от LS-связи. Общая характеристика спектров по группам. Спектры инертных газов.

5. Спектры элементов с достраиваемыми внутренними оболочками

Особенности спектров атомов с незаполненными d- и f- оболочками. Электронные конфигурации и термы Общая характеристика спектров.

6. Действие внешнего магнитного и электрического поля на атомы

Простой и сложный эффект Зеемана. Явление Зеемана в сильных и промежуточных полях. Расщепление уровней в электрическом поле. Линейный и квадратичный эффекты Штарка.

7. Виды движения в молекуле

Адиабатическое приближение Борна-Оппенгеймера для описания ядерной и электронных подсистем. Свойства симметрии молекул. Основные точечные группы симметрии молекул. Классификация термов. Правила отбора для матричных элементов переходов.

8. Двухатомные молекулы

Кривые потенциальной энергии и электронные термы молекулы(связанные и отталкивательные). Структура колебательно-вращательных уровней энергии. Мультиплетные термы: случаи a, b, c и d. Симметрия молекулярных термов. \square -удвоение. Предиссоциация. Излучение двухатомных молекул (электронные, колебательные и вращательные спектры). Правила отбора. Принцип Франка –Кондона. Изотопический эффект.

9. Многоатомные молекулы. Вращательные уровни и переходы

Квантование вращения волчка. Правила отбора. Влияние ядерных моментов на вращательные спектры.

10. Колебательные спектры многоатомных молекул

Классификация молекулярных колебаний. Нормальные колебания. Вырождение. Резонанс Ферми. Колебательные уровни энергии. Устойчивость симметричных конфигураций молекулы. Взаимодействие колебаний и вращения молекулы. Правила отбора. Колебательные спектры простейших молекул.

11. Электронные спектры многоатомных молекул

Электронное строение и образование химических связей в многоатомных молекулах. Типы электронных состояний. Гибридизация. молекул. Квазилинейчатые спектры. Нелокализованные электроны. Общие характеристики электронных спектров. Принцип Франка – Кондона для многоатомных молекул. Квазилинейчатые спектры.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Основы биоэлектроники

Цель дисциплины:

Дать студентам общий обзор наук и технологий, ставящих своей задачей создание и изучений биоэлектронных интерфейсов, решающих проблемы мониторинга и управления физиологическими явлениями.

Задачи дисциплины:

1. Изучение современных представлений об устройстве природных сенсорных систем.
2. Изучение основных механизмов электронного и ионного зарядового транспорта в биологических системах.
3. Изучение механизмов работы ионных каналов.
4. Освоение принципов работы биосенсоров.
5. Изучение механизмов работы полевых и электрохимических транзисторов.
6. Изучение методов определения механизмов зарядового транспорта в (био)органических материалах.
7. Изучение методов определения типа магнитного упорядочения в (био)органических материалах.
8. Изучение основных подходов к созданию неинвазивных нейроинтерфейсов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

1. Общие современные представления об устройстве природных сенсорных систем.
2. Основные механизмы электронного и ионного зарядового транспорта в биологических системах.
3. Механизмы работы ионных каналов.
4. Принципы работы биосенсоров.
5. Механизмы работы полевых и электрохимических транзисторов.

6. Базовые методы определения механизмов зарядового транспорта в (био)органических материалах.
7. Базовые методы определения типа магнитного упорядочения в (био)органических материалах.
8. Основные подходы к созданию неинвазивных нейроинтерфейсов.

уметь:

1. Опираясь на температурные и частотные зависимости комплексной проводимости, комплексной диэлектрической проницаемости, а также температурную зависимость теплоёмкости и другие экспериментально определяемые физические параметры материала, делать вывод о наиболее вероятной природе носителей заряда в материале и наиболее вероятном механизме их транспорта.
2. По зависимости магнитного момента материала от температуры и от величины и направления приложенного магнитного поля определять тип его магнитного упорядочения, либо принадлежность к диамагнетикам или парамагнетикам.
3. Заранее предсказывать перспективность использования материала для изготовления канала или затвора полевого, либо электрохимического транзистора на основе знаний о природе носителей заряда в нем, их концентрации и механизма переноса.

владеть:

Набором навыков и знаний, необходимых для решения актуальных научных и технических задач биоэлектроники.

Темы и разделы курса:

1. Чем занимается биоэлектроника?

Вводное описание основных задач, решаемых биоэлектроникой; молекулярная биоэлектроника, клеточная биоэлектроника, медицинская биоэлектроника; краткое описание типов и видов биосенсоров; примеры успешного биоэлектронного протезирования.

2. Возбудимые клеточные системы, нейроны и кардиомиоциты, как основные участники биоэлектронного интерфейса.

Принципы организации ионных каналов, их виды и физико-химические характеристики. Механизм распространения возбуждения в нейронной сети и в миокарде. Принципы оптогенетики. Краткий анализ попыток преодолеть ограничения и недостатки классической оптогенетики.

3. Сенсорные системы организмов.

Сенсорные системы организмов. Фоточувствительность и зрение, звуковосприятие, обоняние, осязание, ориентация в гравитационном поле, ориентация в электростатическом

поле, ориентация в магнитном поле Земли. Список незакрытых вопросов к работе природных сенсорных систем.

4. Трансляция ионных и электронных сигналов.

Проблема конверсии электронных и ионных сигналов и её преодоление. Органические полевые и электрохимические транзисторы. Основные характеристики транзисторов, способы организации архитектуры и ограничения.

5. Биосенсоры.

Биосенсоры. Электрод Кларка и его модификация. Использование поверхностного плазмонного резонанса. Успехи развития ЭЭГ. Примеры использования полевых и электрохимических транзисторов.

6. Электронный транспорт в биоорганических материалах.

Электронный транспорт в биоорганических материалах. Электронные шаттлы, прыжковая проводимость, вопрос о зонной проводимости. Эксперименты Чанса по туннелированию электронов в фотосистемах. Проблема точного определения природы носителя заряда в биологических материалах. Фотопроводимость природных биологических пигментов. Проблема контролируемого захвата электрона белком и актуальные успехи биоэлектросинтеза. Использование эффекта Холла и термоэлектрических эффектов для определения знака носителей заряда в материале.

7. Органические ферро- и ферромагнетики. Магнитосенсорика в живых организмах.

Магнитная упорядоченность в органических молекулярных системах. Успехи в повышении температуры Кюри и точки Нееля. Влияние ионов d-элементов. Перспективные органические ферро- и ферромагнетики. Поиск природных биоорганических ферро- и ферромагнетиков.

8. Нейроинтерфейсы и инвазивность.

Нейроинтерфейсы и инвазивность. Как не спровоцировать иммунный ответ. Самоорганизация компонентов интерфейса внутри организма.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Основы гидродинамики

Цель дисциплины:

Цель курса – освоение студентами фундаментальных знаний в гидродинамики, газодинамики и физики ударных волн, изучение свойств и способов решения систем уравнений гидродинамики, а также областей практического применения гидродинамики.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области гидродинамики, газодинамики и физики ударных волн как дисциплины, интегрирующей общефизическую и общетеоретическую подготовку;
- обучение студентов принципам решения задач гидродинамики.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- современные проблемы физики, химии, математики;
- теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях;
- принципы симметрии и законы сохранения;
- новейшие открытия естествознания;
- постановку проблем гидродинамического моделирования;
- о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;

- абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций;
- решать уравнения гидродинамики в различных приближениях.

владеть:

- научной картиной мира;
- навыками самостоятельной работы;
- математическим моделированием физических задач.

Темы и разделы курса:

1. Общие понятия гидро- и газодинамики. Основные уравнения. Гидростатика. Гидродинамика идеальной жидкости. Гидродинамика вязкой жидкости. Турбулентность. Волны в жидкости. Решения для малой амплитуды. Звук. Акустика. Волны разрежения. Ударные волны. Структура фронта ударной волны. Распад разрыва.

1. Общие понятия гидро- и газодинамики. Основные уравнения

Общие понятия. Масштаб жидкой частицы. Вывод уравнений гидродинамики вариационным способом. Методы решения уравнений гидродинамики. Краевые и граничные условия. Системы координат Эйлера и Лагранжа. Законы сохранения в гидродинамике.

2. Гидростатика

Гидростатика. Необходимые и достаточные условия гидродинамической статичности. Типичные задачи гидростатики. Атмосферы. Конвекция.

3. Гидродинамика идеальной жидкости

Идеальная, несжимаемая и однородная жидкости. Интеграл Бернулли. Обтекание шара. Парадокс Даламбера. Теорема о циркуляции. Подъемная сила.

4. Гидродинамика вязкой жидкости

Симметрия и различные варианты вязкости. Первая и вторая вязкость. Уравнения Навье-Стокса. Различные виды течений вязкой жидкости.

5. Турбулентность

Ламинарное и турбулентные течения. Переход к турбулентности. Турбулентный спектр, каскад. Уравнение Бюргерса. Модели турбулентности.

6. Волны в жидкости. Решения для малой амплитуды

Линеаризация уравнений гидродинамики. Гравитационные волны. Поверхностные волны. Капиллярные волны. Волны в жидкости конечной глубины. Волны на мелкой воде. Бора. Нелинейные волны – солитоны.

7. Звук. Акустика

Характеристики. Распространение малых возмущений в газе. Скорость звука. Эффект Доплера. Линейная акустика. Отражение и преломление звука на границе двух сред. Звуковые волны конечной амплитуды.

8. Волны разрежения

Волны разрежения. Центрированная волна разрежения. Точные решения. Нестационарное истечение газа в вакуум. Автомодельные решения.

9. Ударные волны

Необходимость существования ударной волны. Разрывные решения уравнений гидродинамики. Предельное сжатие. Слабые и сильные ударные волны. Адиабата Гюгонио. Энтропия в ударных волнах. Наклонные ударные волны. Столкновение ударных волн.

10. Структура фронта ударной волны

Масштаб фронта ударной волны. Пределы применимости гидродинамических приближений. Оценка толщины ударного фронта.

11. Распад разрыва

Задача о распаде гидродинамического разрыва. Классификация разрывов.

2. Общие сведения из космической газодинамики. Остатки сверхновых. Звездный ветер в межзвездной среде. Ионизационные фронты вокруг звезд. Выход ударной волны сверхновой на поверхность звезды. Ударные волны в неоднородной атмосфере. Прорыв атмосферы. Радиационный разгон вещества. Лайн-локинг эффект. Быстро вращающиеся звезды.

12. Общие сведения из космической газодинамики

Параметры звезд. Характеристики межзвездной среды. Скорости и температуры. Радиативные потери.

13. Остатки сверхновых

Типичные параметры оболочки, сбрасываемой сверхновой звездой. Стадия свободного разлета. Адиабатическая стадия расширения. Стадия «снежного плуга». Остановки и диссипация остатка. Типичные размеры остатков сверхновых. Автомодельные приближения.

14. Звездный ветер в межзвездной среде

Параметры звездного ветра горячих звезд. Структура оболочки. Закон расширения оболочки, выдуваемой звездным ветром. Стадии расширения. Взрыв сверхновой в оболочке звездного ветра.

15. Ионизационные фронты вокруг звезд

Ионизационные фронты. D- и R- решения. Переходные стадии. Зоны Стрёмгрена. Неустойчивость ионизационного фронта. Ионизация атомарного и молекулярного водорода.

16. Выход ударной волны сверхновой на поверхность звезды

Параметры ударной волны при взрыве сверхновой. Автомодельные решения. Выход волны на поверхность. Ультрафиолетовая вспышка.

17. Ударные волны в неоднородной атмосфере. Прорыв атмосферы

Ударная волна в изотермической атмосфере. Движение волны вниз по атмосфере. Ускоренное движение волны вверх по атмосфере. Прорыв атмосферы ударной волной. Ударные волны от сверхновых в диске Галактики.

18. Радиационный разгон вещества. Лайн-локинг эффект

Ускорение вещества давлением излучения в линиях. Релятивистский Доплер-эффект. Лайн-локинг эффект.

19. Быстро вращающиеся звезды

Осесимметричные конфигурации самогравитирующих звезд при быстром вращении. Нарушение осевой симметрии. Гравитационное излучение.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Основы дифференциальной и симплектической геометрии

Цель дисциплины:

дать студентам основы знаний в области дифференциальной и симплектической геометрии.

Задачи дисциплины:

научить студента свободно пользоваться понятиями дифференциальной и симплектической геометрии, многообразиями, векторными полями, дифференциальными формами, гамильтоновыми векторными полями и симплектоморфизмами, отображением моментов, совместимыми комплексными структурами, и т.п.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основы дифференциальной геометрии и симплектической геометрии.

уметь:

- работать с дифференциальными формами, векторными полями, гамильтоновыми системами, торическими многообразиями.

владеть:

- языком современной дифференциальной и симплектической геометрии.

Темы и разделы курса:

1. Линейная симплектическая геометрия,

Линейная симплектическая геометрия, канонический вид кососимметричной формы, её вырожденность и невырожденность. Лагранжевы подпространства. Связь между комплексными структурами и положительными метриками. Симплектическая <<диагонализация>> положительно определённых квадратичных форм.

2. Основы дифференциальной геометрии.

Основы дифференциальной геометрии. Понятие о гладком многообразии. Гладкие функции и касательные вектора. Геометрическое определение касательного вектора, векторные поля и дифференцирование алгебры гладких функций на многообразии.

3. Касательное и кокасательное расслоение. Векторные поля и тензоры.

Касательное и кокасательное расслоение. Векторные поля и тензоры. Дифференциальные формы первой и высших степеней. Внешнее дифференцирование, его существование и единственность. Тожество $d^2=0$.

4. Интегрирование векторных полей и производная Ли.

Интегрирование векторных полей. Формулы для производной Ли дифференциальных форм и векторных полей. Скобка Ли векторных полей и тождество Якоби для неё. Понятие о группах и алгебрах Ли.

5. Теорема Фробениуса и группы Ли.

Теорема Фробениуса об интегрируемости систем векторных полей. Поля касательных подпространств и слоения, тензор кривизны поля касательных подпространств. Подгруппы групп Ли и отображения между группами Ли.

6. Интегрирование дифференциальных форм и формула Стокса.

Интегрирование дифференциальных форм с компактным носителем в \mathbb{R}^n , его независимость от выбора системы координат. Паракompактность гладких многообразий и разбиение единицы. Интегрирование дифференциальной формы по ориентированному многообразию. Формула Стокса для многообразий с краем и согласованная ориентация края.

7. Когомологии де Рама с произвольными и компактными носителями.

Когомологии де Рама с произвольными и компактными носителями. Их функториальность относительно классов гомотопии гладких отображений, вычисление для стягиваемых пространств. Сравнение с сингулярными гомологиями.

8. Обзор базовых понятий римановой геометрии.

Обзор базовых понятий римановой геометрии. Риманова структура и риманова метрики, функционалы длины и энергии. Ковариантная производная функции и векторного поля, уравнение геодезической.

9. Риманов объём и экспоненциальное отображение.

Риманов объём. Экспоненциальное отображение на (полу)римановом многообразии и выпуклые окрестности. Трубочатые окрестности подмногообразий. Преобразование Лежандра римановой метрики.

10. Симплектические многообразия.

Симплектические многообразия, ориентируемость, симплектический объём. Деформации симплектических структур, метод Мозера для порождения деформации векторным полем и теорема Дарбу о локальном виде симплектического многообразия. Кокасательное расслоение и его симплектическая структура.

11. Преобразование Лежандра и гамильтонов формализм.

Преобразование Лежандра и гамильтонов формализм классической механики, лагранжево и гамильтоново действие. Гамильтоновы векторные поля, гамильтониан гармонического осциллятора и периодические траектории его векторного поля. Скобка Пуассона функций, алгебра Ли функций.

12. Строение окрестностей лагранжевых подмногообразий.

Строение окрестностей лагранжевых подмногообразий, деформаций лагранжевых подмногообразий и симплектоморфизмов, близких к тождественному. Задание лагранжевых многообразий в касательном расслоении через графики дифференциалов функций на базе, а также с помощью послойных критических точек функций на векторных расслоениях.

13. Понятие о контактных формах и контактных структурах.

Понятие о контактных формах и контактных структурах. Поверхности контактного типа в стандартном \mathbb{R}^{2n} . Векторное поле Роба и его вариационное описание. Гамильтонианы контактоморфизмов. Теорема Грея о стабильности.

14. Почти комплексные структуры.

Почти комплексные структуры, совместимые с симплектической структурой, их существование и «гомотопическая единственность». Интегрируемость почти комплексных структур и кэлеровы многообразия. Форма Фубини--Штуди на проективном пространстве.

15. Основы теории Морса для гладких многообразий.

Основы теории Морса для гладких многообразий. Градиентный поток функции, индексы критических точек и критических подмногообразий, приклеивание ручек. Изменение гомологий многообразия подуровня в критических точках, комплекс Морса. Описание критических точек функции и значений методом минимакса.

16. Изучение геодезических на римановых многообразиях с помощью теории Морса.

Изучение геодезических на римановых многообразиях с помощью теории Морса в пространстве путей или петель. Существование замкнутых геодезических, дискретизация и переход к конечномерному подпространству в пространстве петель. Теория Люстерника--Шнирельмана и их результат про три замкнутые геодезические на сфере без самопересечений.

17. Связь геодезических на римановых многообразиях с контактной и симплектической геометрией.

Связь геодезических на римановых и финслеровых многообразиях с контактной и симплектической геометрией. Лемма Пуанкаре--Биркгофа о неподвижных точках и ещё раз про замкнутые геодезические на двумерной сфере.

18. Отображение момента.

Симплектические и гамильтоновы действия групп и отображение момента. Выпуклость образа отображения момента для действий тора. Торические многообразия и их алгебраическая конструкция.

19. Формула Дюйстермаата--Хекмана.

Накрытие $S^1 \rightarrow \mathbb{C}P^1$ как классифицирующее пространство для группы S^1 , дифференциальные формы на нём. Кусочная полиномиальность для формы объёма при отображении момента и формула Дюйстермаата--Хекмана. Преобразование Фурье характеристической функции многогранника.

20. Гипотеза Арнольда.

Проблемы существования замкнутых траекторий гамильтоновых систем и неподвижных точек гамильтоновых симплектоморфизмов. Гипотеза Арнольда и обзор продвижений по ней. Действие неподвижной точки гамильтонова симплектоморфизма и его независимость от гамильтониана. Трудности применения теории Морса к замкнутым петлям с функционалом действия.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Основы и приложения двумерной плазмоники

Цель дисциплины:

научить студентов методам расчета взаимодействия электромагнитного поля с двумерными электронными системами (включая графен, квантовые ямы, тонкие пленки металлов и полупроводников), в том числе на глубоко суб-волновых масштабах.

Задачи дисциплины:

- овладение методами решения задач рассеяния электромагнитного поля на протяженных, полуограниченных и ограниченных двумерных системах;
- изучение методов моделирования оптических свойств двумерных систем различными методами, включая уравнения электронной гидродинамики, классическое и квантовое кинетическое уравнения;
- изучение методов точного решения задач рассеяния электромагнитного поля на двумерных системах – метод Фурье и метод Винера-Хопфа;
- изучение методов приближенного решения задач рассеяния электромагнитного поля на двумерных системах – квазиоптическое приближение, приближение слабой нелокальности, спектральные методы;
- изучение новых типов электромагнитных волн в двумерных системах – плазмонов, в различных приборных структурах и различных режимах электронного транспорта;
- ознакомление с принципиальными схемами оптоэлектронных приборов, использующих в своей основе двумерные системы – фотодетекторы, источники излучения, модуляторы, фазовращатели и др.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- методы решения задач рассеяния электромагнитного поля на двумерных системах в различных конфигурациях: рассеяние плоской и эванесцентной волны на протяженной двумерной системе, дипольное излучение над протяженной двумерной системой, рассеяние плоской волны на краю двумерной системы, рассеяние электромагнитной волны на ограниченной двумерной системе, возбуждение поверхностных волн в двумерной системе при подаче осциллирующего напряжения на контакты

-основные свойства двумерных плазмонов: спектр, затухание, их модификация при наличии магнитного поля и экранирующих электродов

-методы расчета поверхностной проводимости двумерных систем и пределы их применимости: уравнения электронной гидродинамики, классическое и квантовое кинетическое уравнения

уметь:

- аналитически (точно и приближенно) и численно решать задачи рассеяния электромагнитного поля на протяженных и ограниченных двумерных системах

- моделировать поверхностную проводимость двумерных систем

владеть:

-методами аналитического и численного решения уравнений Максвелла для задач рассеяния на двумерных системах

-основными методами решения уравнений электронного транспорта (уравнение Больцмана, диффузионно-дрейфовые и гидродинамические уравнения) применительно к двумерным системам

Темы и разделы курса:

1. Описание двумерных систем в электромагнитных задачах рассеяния

Часть I. Основы двумерной плазмоники

Основы электронной теории полупроводников

1. Описание двумерных систем в электромагнитных задачах. Понятие поверхностной проводимости. Частотная зависимость двумерной проводимости для типичных двумерных систем – графена и его модификаций, квантовых ям. Физические процессы, влияющие на двумерную проводимость – внутри- и межзонные электронные переходы. Понятие нелокальной проводимости. Различие двумерных систем в электродинамике: двумерный материал, двумерная электронная система, электродинамически тонкий материал.

2. Поверхностная проводимость двумерных систем и методы ее расчета

2. Поверхностная проводимость двумерных систем и методы ее расчета. Квазигидродинамический подход. Линеаризация уравнений электронной гидродинамики. Влияние электронного давления, магнитного поля, дрейфа носителей заряда на двумерную проводимость. Понятие о кинетическом уравнении Болцмана, основные кинетические эффекты в двумерной проводимости (затухание Ландау). Понятие о межзонных электронных переходах и их влияние на проводимость.

3. Задачи рассеяния плоских волн на структурах, включающих протяженные двумерные системы

3. Задачи рассеяния плоских волн на структурах, включающих протяженные двумерные системы. Отражение и поглощение бесконечным одиночным двумерным слоем. Эффекты подложек и затворов. Трансфер-матричный подход к задачам рассеяния с участием 2ДМ.

4. Ближнеполюсная электродинамика двумерных систем и понятие двумерного плазмона

4. Ближнеполюсная электродинамика двумерных систем и понятие двумерного плазмона. Отражение и поглощение эванесцентной волны. Излучение точечного диполя вблизи поверхности 2 дм. Интегральное уравнение задачи электромагнитного рассеяния и метод Фурье его решения в протяженных двумерных системах. Концепция двумерного плазмона в задачах рассеяния. Спектр 2d плазмонов – волновой вектор в зависимости от частоты.

5. Свойства плазмонов в различных двумерных системах

5. Свойства плазмонов в различных двумерных системах. Дисперсия двумерных плазмонов и ее связь с задачами рассеяния и релаксации начального возмущения. Эффекты затворов и электромагнитного запаздывания. Плазмоны в двойных слоях.

6. Электродинамика краев двумерных систем

6. Электродинамика краев двумерных систем. Уравнение рассеяния электромагнитной волны на линейном краю двумерной системы. Подход Винера-Хопфа к ее решению (точное решение для бесконечной проводимости, основные результаты тезисно – для края двумерной системы и контакта «металл- двумерная система»). Поляризационно-зависимое усиление поля вблизи краев. Запуск двумерных плазмонов при дифракции на краю. Понятие о краевом плазмоне.

7. Плазмоника двумерных систем в магнитном поле

Часть II. Приложения двумерной плазмоники

7. Плазмоника двумерных систем в магнитном поле. Эффект Фарадея в двумерных системах. Влияние магнитного поля на плазмонный спектр в рамках квази- гидродинамического приближения.

8. Плазмоника пространственно-ограниченных двумерных систем: аналитические методы моделирования

8. Плазмоника пространственно-ограниченных двумерных систем: аналитические методы моделирования. Интегральное уравнение рассеяния на ограниченных двумерных системах и системах с дифракционными решетками. Модальные методы решения: разложения по тригонометрическим функциям и по полиномам Чебышева. Квазистатическое приближение. Основные результаты: предельное сечение поглощения света двумерной системой конечных размеров. Предельный коэффициент поглощения структурой «решетка + двумерная система».

9. Плазмоника пространственно-ограниченных двумерных систем: численные методы моделирования

9. Плазмоника пространственно-ограниченных двумерных систем: численные методы моделирования. Постановка задачи рассеяния в программном пакете Microwave Studio.

Идеально согласованный слой. Введение в расчетную область двумерных проводников. Примеры: рассеяние на прямоугольной двумерной системе и двумерной системе в форме диска.

10. Приборы оптоэлектроники, использующие явление плазмонного резонанса

10. Приборы оптоэлектроники, использующие явление плазмонного резонанса. Понятие о детектировании электромагнитного излучения как о нелинейном оптическом явлении. Двухступенчатое описание детекторов: поглощение электромагнитного поля и его преобразование в фототок. Квазиоптический подход к моделированию детекторов. Метод эквивалентных схем. Граничные условия на разрывах. Понятие о кинетической индуктивности двумерной системы. Металлические контакты как эквивалентные источники напряжения. Двумерные полевые транзисторы как плазмонные резонаторы. Резонансное плазмонно - усиленное детектирование излучения и его пределы.

11. «Невзаимная» плазмонка при наличии электронного дрейфа

11. «Невзаимная» плазмонка при наличии электронного дрейфа. Модификация спектра и затухания двумерных плазмонов при наличии постоянного тока. Плазмоны при наличии постоянного тока в транзисторных структурах. Плазменно-волновые неустойчивости, индуцированные постоянным током. Неустойчивости Черенкова и Дьяконова-Шура.

12. Эффекты нелокального электронного транспорта в плазмонике

12. Нелокальность электронного транспорта в плазмонике. Баллистические и квантовые эффекты в двумерной проводимости. Вывод проводимости из кинетического уравнения: затухание Ландау и перенормировка скорости плазмонов. Квантовый подход к двумерной проводимости – межзонное поглощение. Пределы сжатия электромагнитного поля в плазмонных модах. Нелокальные эффекты в магнитном поле. Циклотронные резонансы высокого порядка и бернштейновские моды для двумерных электронных систем.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Основы квантовой информатики

Цель дисциплины:

– дать студентам знания, необходимые для описания различных явлений квантовой информатики методами теоретической физики, методы построения соответствующих математических моделей, показать соответствие системы постулатов, положенных в основу теории квантовой обработки и передачи информации, существующим экспериментальным данным, что позволяет считать теорию достоверной в области её применимости. Дать навыки, позволяющие понять как адекватность теоретической модели соответствующим квантовым вычислениям, так и её пределы применимости.

Задачи дисциплины:

- изучение математического аппарата теории квантовой информации;
- изучение методов решения задач квантовой обработки информации;
- изучение методов описания квантовых регистров - систем квантовых битов (кубитов), в том числе систем со внутренними межкубитовыми взаимодействиями и взаимодействующих с внешними управляющими полями и шумовыми сигналами;
- овладение студентами методами квантовой информатики для описания свойств различных конкретных квантовых вычислительных систем;
- изучение методов описания, разработки и анализа эффективности квантовых алгоритмов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- принципы теории квантовой информации;
- методы описания отдельных квантовых ячеек памяти и систем квантовых битов;
- основные однокубитовые квантовые операции и их свойства;
- основные многокубитовые квантовые операции;
- основные методы математического аппарата квантовых вычислений, векторный анализ и аппарат кет-векторов квантовых состояний в многомерных гильбертовых пространствах;

- основные методы решения задач квантовой обработки информации;
- методов описания квантовых регистров - систем квантовых битов (кубитов), в том числе систем со внутренними межкубитовыми взаимодействиями и взаимодействующих с внешними управляющими полями и шумовыми сигналами;
- методы и способы описания квантовых алгоритмов.

уметь:

- пользоваться аппаратом векторного анализа в многомерных гильбертовых пространствах;
- пользоваться аппаратом квантовых операторов в многомерных гильбертовых пространствах;
- определять эволюцию систем квантовых битов в заданной последовательности импульсов управляющего поля;
- применять метод оператора плотности для описания эволюции квантовых систем, взаимодействующих с окружением;
- представлять конкретный квантовый алгоритм в виде последовательности элементарных одно- и двухкубитовых квантовых операций;
- находить ожидаемое время работы заданных квантовых алгоритмов.

владеть:

- основными методами математического аппарата теории квантовой информации;
- навыками теоретического анализа физических задач, связанных с возможными реализациями квантовых битов в двухуровневых системах;
- основными методами решения задач о нахождении эволюции и финальных состояний отдельных квантовых ячеек памяти и систем квантовых битов;
- навыками описания, разработки и анализа эффективности квантовых алгоритмов.

Темы и разделы курса:

1. Вычислительные ресурсы и пределы вычислительной мощности.

Классы сложности вычислений. Тезис Чёрча-Тьюринга. Эмпирический закон Мура. Демон Максвелла. Принцип Ландауэра. Обратимые логические операции. Преобразования контролируемое-НЕ (CNOT), Тоффли и Фредкина. Универсальный набор операций. Физические ограничения вычислительных возможностей в классическом мире.

2. Структура квантового компьютера.

Принцип суперпозиции состояний. Измерение. Гильбертовы пространства. Сфера Блоха.

3. Квантовый регистр. Матричный вид квантовых операций.

Эрмитовы операторы. Унитарные операторы. Прямое матричное произведение. Тензорное произведение. Действия при добавлении вспомогательных кубитов-анцилл.

4. Квантовые операции. Универсальный набор квантовых операций.

Уравнение Шрёдингера. Матрица плотности. Редукция матрицы плотности при уменьшении вычислительного пространства. Квантовые операции над одним кубитом. Матрицы Паули. Амплитудное и фазовое вращения. Оператор Адамара. Двухкубитовая операция CNOT. Оператор Уолша. Универсальный набор квантовых операций.

5. Квантовые схемы.

Принципы построения квантовых схем. Квантовая схема квантовой телепортации неизвестного состояния кубита с помощью ЭПР-пары и классического канала связи.

6. Квантовые алгоритмы.

Квантовый алгоритм: инициализация, квантовая унитарная эволюция и измерение квантового регистра. Алгоритм Дойча. Квантовый параллелизм.

7. Квантовый бит на основе двойной квантовой точки.

Гамильтониан полупроводникового зарядового кубита. Инициализация. Измерение. Проведение фазового вращения. Проведение амплитудного вращения. Выполнение двухкубитовой операции CNOT.

8. Пределы вычислительной мощности квантовых компьютеров.

Класс сложности квантовых вычислений BQP и его соотношение с другими классами сложности. Открытые вопросы в теории сложности квантовых алгоритмов. Физические ограничения вычислительных возможностей квантовых компьютеров, вытекающие из квантомеханической природы вычислительных элементов.

9. Квантовая логика Неймана и предыстория квантовых вычислений.

Квантовая логика Неймана. Развитие квантовой логики Гейзенбергом и Вайцзеккером. Сформулированная трудность прямого моделирования многочастичных систем (Шлютер, Манин). Квантовая машина Тьюринга (Дойч). Вклад Фейнмана.

10. Квантовый алгоритм поиска Гровера.

Классическая задача поиска. Квантовый алгоритм поиска Гровера. Динамика волновой функции квантового регистра при работе алгоритма. Реализация алгоритма Гровера посредством набора элементарных квантовых операций. Обобщение алгоритма Гровера для случая нескольких решений.

11. Квантовые ошибки.

Классический шум. Фазовые ошибки. Межкубитовое взаимодействие. Потеря когерентности квантового состояния. Понятие меры декогерентности. Необходимость борьбы с декогерентностью.

12. Методы избегания квантовых ошибок.

Переход в подпространства, свободные от декогерентности. Полиномиальный алгоритм подавления межкубитового взаимодействия.

13. Процедуры коррекции квантовых ошибок Нестационарная теория возмущений.
Представление взаимодействия.

Цепные коды. Кодирование, обнаружение синдрома ошибки, процедура исправления выявленной ошибки.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Основы квантовой оптики

Цель дисциплины:

Углубленное изучение излучательных процессов в атомной физике. Курс лекций является существенным расширением материала, преподаваемого студентам в общеинститутском цикле и затрагивает аспекты, необходимые для понимания принципов атомной физики, взаимодействия когерентного излучения с веществом и фундаментальных принципов работы лазеров.

Задачи дисциплины:

- ознакомление с квантовой теорией осциллятора и описанием сжатых состояний;
- детальное ознакомление студентов с основами квантовой теории процесса излучения;
- ознакомление с основными методами детектирования излучения.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основы квантовой теории осциллятора и описание сжатых состояний,
- основы квантовой теории процесса излучения.

уметь:

- излагать квантовую теорию осциллятора,
- описывать сжатые состояния,
- излагать основы квантовой теории процесса излучения.

владеть:

методами расчета и описания квантовой теории осциллятора, сжатых состояний, квантовой теории процесса излучения.

Темы и разделы курса:

1. Осциллятор.

1. Классический гармонический осциллятор. Колебания, их возбуждение и затухание. Диффузия фазы.
2. Волновой пакет, Фурье-представление.
3. Параметрический резонанс. Классическая задача.
4. Осцилляторы свободного пространства. Большой кубический резонатор.
5. Уравнения Максвелла. Энергия электромагнитного поля как сумма энергий отдельных осцилляторов.
6. Резонаторы и ортогональность мод.
7. Лазерный резонатор.

Приложение 1. Задача о возбуждении осциллятора внешней силой.

Приложение 2. Теорема Флоке и уравнение Матъе.

Приложение 3. Основные сведения об уравнениях Максвелла.

2. Основы квантовой теории осциллятора.

1. Логические основы аппарата квантовой теории. Уравнения движения.
2. Соотношение неопределенностей. Координатное представление.
3. Квантовый гармонический осциллятор. Гамильтониан квантового гармонического осциллятора
4. Когерентное состояние.
5. Когерентное состояние с медленно диффундирующей фазой.
6. Теорема Глаубера.
7. Сжатые состояния и их основные свойства.
8. Возбуждение сжатых состояний. Параметрический резонанс. Обобщенная теорема Глаубера.
9. Возбуждение сжатых состояний – эксперимент.
10. Распределенные системы. Синхронизм. Вывод уравнений.
11. Возможные применения сжатого света. Подавление шумов в интерферометре Маха-Цандера. Сжатый свет в нелинейных явлениях.
12. Фотонный волновой пакет. Квантованное электромагнитное поле как совокупность плоских волн. Локализованный волновой пакет. Спектр пакета, квантовое Фурье-представление.
13. Электромагнитное поле как совокупность квантованных волновых пакетов. Пример.

3. Учет релаксационных потерь параметрически возбуждаемого осциллятора.

1. Уравнение для матрицы плотности. Нулевое приближение. Главное (невозмущенное) решение. Учет потерь.

2. Решение основного уравнения. Первое приближение для матрицы плотности. Решение уравнения с учетом потерь в общем виде.

3. Дисперсия. Частный случай уравнения Матъе.

Приложение 1. Базисные параметрические решения.

Приложение 2. Переход к безразмерным уравнениям.

Приложение 3. Вычисление коэффициентов и элементов дисперсии.

Приложение 4. Координатное представление оператора потерь.

Приложение 5. Сжатый свет, невырожденный режим.

Приложение 6. Буферное возбуждение параметрического генератора.

4. Основы квантовой теории процесса излучения.

1. Атомы, ионы, молекулы как излучающие объекты.

1.1. Взаимодействие квантовой системы с полем излучения. Взаимодействие атомного электрона с электромагнитным полем. Динамика квантовой системы, взаимодействующей с полем

2. Элементарные излучательные процессы

2.1. Метод резольвенты. Теория возмущений для резольвенты. Спонтанное излучение возбужденного атома в свободном пространстве.

2.2. Преобразование формы гамильтониана и начальные условия в задачах излучения. Преобразование электрического поля. Мгновенное возбуждение атома, природа поля. Каноническое преобразование Пауэра и Циенау. Спектры фотонов при расчетах с разными гамильтонианами.

2.3. Перенос возбуждения между атомами. Постановка задачи. Характеристическая функция электромагнитного поля. Перенос возбуждения между атомами. Энергия атома-детектора.

2.4. Излучение в резонаторах и волноводах. Спонтанное излучение в резонаторе. Непрерывный спектр. Квантование электромагнитных волн в волноводе. Распад возбужденного состояния атома в волноводе. Предельный переход от дискретного спектра к непрерывному.

2.5. Спонтанное излучение в средах с полосным спектром. Периодическая структура. Спонтанное излучение в периодической структуре. Распад возбужденного состояния. Динамическое состояние. Распределение электромагнитной энергии в динамическом состоянии. Энергия динамического состояния. Диполь в периодической структуре.

3. Когерентные явления

3.1. Особенности интерференции неклассических световых пучков. Зависимые и независимые световые пучки. Когерентность.

3.2. Суперпозиционные атомы и лазерная генерация. Интенсивность генерируемого излучения и среднее значение напряженности электрического поля. Модель лазера. Вклад отдельных атомов в полевую матрицу плотности. Суммирование вкладов в полевую матрицу плотности от многих атомов. Стационарное решение, нулевой порядок. Недиagonальные матричные элементы. Суперпозиционный атом и внешнее поле.

Приложение 1. Коммутаторы, следы коммутаторов, матричные элементы.

Приложение 2. Синфазные и противофазные атомы.

3.3. Происхождение суперпозиционных атомов и квантовое состояние кулонова поля. Условие Лоренца. Базисные состояния компонент потенциалов. Квантовое состояние кулонова поля.

Приложение 1. О калибровках

Приложение 2. Релятивистское преобразование полей

Приложение 3. Координатное представление для состояния

Приложение 4. Условие Лоренца как результат эволюции

Приложение 5. Об определении вакуума свободного электромагнитного поля

4. Дополнительные сведения о сжатом свете, коэффициенты сжатия, невырожденный режим. Невырожденный параметрический генератор. Буферное возбуждение параметрического генератора.

5. Детектирование излучения

1. Фотоотсчеты. Кулонова неустойчивость слабого электронного потока в вакуумных приемниках излучения. Фотоотсчет как физическое явление. Проблема фотоотсчетов с современных позиций.

2. Фотон с точки зрения квантовой электродинамики.

2.1. Фотоэффект и локализация электронов. Фотоотсчеты как проявление кулоновской неустойчивости слабого электронного потока.

2.2. Возможности экспериментального наблюдения одноэлектронных сгустков в вакуумных устройствах.

3. Лазерное детектирование оптических сигналов.

Приложение 1. Сферически симметричный разлет электронного сгустка.

Приложение 2. Движение электронного волнового пакета в электромагнитном поле.

6. Неклассический (сжатый) свет и квантовое описание движения макроскопических тел.

1. Квантовое описание движения макроскопических тел. Равномерное и прямолинейное движение макроскопического тела. Механический осциллятор. Макроскопическое тело в гравитационном поле.
2. Макроскопические тела в распределенных состояниях и не возмущающее измерение их положения. Квантовое зондирование макроскопических тел.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Основы лазерной физики

Цель дисциплины:

Изучение физических основ лазеров, принципов их работы и освоение методики получения лазерной генерации.

Задачи дисциплины:

освоение студентами базовых знаний в области лазерной физики;

приобретение теоретических знаний в области физики процессов, протекающих в твердотельных и газовых лазерных средах при создании инверсной населенности;

приобретение теоретических знаний в области теории лазерных резонаторов и методов управления параметрами лазерного излучения.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия физики лазеров;
- основные типы лазеров, диапазоны их длин волн и области применения;
- методы создания инверсной населенности в твердотельных, газообразных и полупроводниковых лазерных средах;
- типы открытых лазерных резонаторов;
- свойства мод устойчивых и неустойчивых резонаторов;
- методы управления параметрами лазерного излучения;

уметь:

- проводить сопоставление применимости различных типов лазеров к конкретной прикладной или технологической задаче;
- оценивать основные характеристики лазерной среды в зависимости от условий накачки;
- рассчитывать область устойчивости и параметры мод открытого резонатора;

проводить оптимизацию работы лазера в режимах свободной генерации и модулированной добротности.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы с литературой и информационными ресурсами интернета;
- навыками теоретического анализа реальных задач, связанных с разработкой и практическим применением современных лазерных систем.
- математическим аппаратом матричной оптики.

Темы и разделы курса:

1. История создания лазеров. Основные характеристики лазерного излучения.

Введение. Свойства лазерного излучения (высокая направленность, когерентность, высокая пиковая мощность в нестационарном режиме генерации). Физические предпосылки создания лазеров. Спонтанное и вынужденное излучение в долазерной оптике; поглощение, процессы релаксации. Методы создания инверсной населенности. Мазеры (аммиачный, рубиновый).

2. Твердотельные лазерные среды, активированные ионами переходных металлов группы железа.

Лазер на рубине. Основное состояние иона Cr^{3+} (правило Хунда). Схема уровней иона Cr^{3+} в поле кубической симметрии. Трехуровневая схема накачки. Лазерные переходы.

Лазер на александрите. Электронно-колебательные переходы. Принцип Франка-Кондона.

Лазер на титан-сапфире.

3. Твердотельные лазерные среды, активированные ионами редкоземельных элементов.

Электронные термы редкоземельных ионов. Прямые и обращенные мультиплеты.

Неодимовый лазер. Схема уровней. Кросс-релаксация и ап-конверсия в системе ионов Nd^{3+} . Неодимовые лазеры на кристаллах и стеклах. Уширение спектральных линий, однородное и неоднородное уширение.

Эрбиевый лазер. Правило дополнительности. Время жизни уровней. Самоограниченный переход. Роль ап-конверсии при высоких концентрациях ионов Er^{3+} .

Гольмиевый лазер. Трансформация энергии накачки в гольмиевом лазере.

Итербиевый лазер. Волоконные лазеры.

4. Газовые лазеры на электронных переходах.

4. Газовые лазеры на электронных переходах.

Виды газовых лазеров. Возбуждение электронным ударом. Законы подобия газовых разрядов.

He-Ne лазер. Перенос возбуждения между атомами в газовом разряде. Зависимость выходной мощности He-Ne лазера от плотности тока газового разряда. Методы стабилизации частоты генерации He-Ne лазера.

Лазеры на парах меди и золота. Роль пленения излучения на пререходе $2P - 2S$ в создании инверсной населенности. Использование неустойчивых телескопических резонаторов для получения высоконаправленного излучения.

5. Газовые лазеры на колебательных и электронно-колебательных переходах.

CO₂ лазер. Моды колебания молекулы CO₂. Роль N₂ и He в создании инверсной населенности. Колебательно – вращательные переходы и правила отбора для них. P, Q и R ветви люминесценции. Виды CO₂ лазеров.

CO лазер. Роль ангармонической накачки. Частичная инверсия при колебательно-вращательных переходах. Каскадная генерация.

Экимерные лазеры. Разлетный нижний лазерный уровень.

6. Полупроводниковые лазеры.

Собственные и примесные полупроводники, p-n переход. Прямозонные полупроводники. Условие инверсной населенности. Снижения порога генерации при переходе от гомоструктур к гетероструктурам, квантовым ямам, нитям, точкам. Роль согласования периода кристаллической решетки в лазерах на гетеропереходах. Квантовые каскадные лазеры.

7. Теория лазерных резонаторов.

Виды резонаторов. Устойчивые резонаторы, диаграмма устойчивости резонатора. Уравнение Гельмгольца и гауссовы пучки. Эрмит и Лаггер-гауссовы моды высших порядков. Дифракционные потери.

Матричная оптика. Закон ABCD преобразования гауссовых пучков. Фазовый сдвиг и спектр частот мод устойчивого резонатора без учета дифракции. Особенности конфокального резонатора. Резонатор с зеркалами конечного размера и неустойчивый резонатор. Эквивалентные резонаторы.

8. Методы управления параметрами лазерного излучения.

Режимы работы лазеров. Скоростные (кинетические) уравнения. Стационарная генерация и оптимизация выходной мощности излучения.

Нестационарные режимы: модуляция добротности резонатора лазера. Физические явления, используемые для модуляции лазерного излучения, основные типы модуляторов; электрооптические модуляторы, линейный электрооптический эффект (эффект Поккельса), акустооптические модуляторы, насыщающиеся поглотители.

Оптимизация энергии и пиковой мощности излучения лазера, работающего в режиме модулированной добротности.

Синхронизация мод (активная, пассивная), ультракороткие лазерные импульсы, способы их получения.

Усиление лазерного излучения. Ненасыщенное и насыщенное усиление, мощность и энергия насыщения. Возможная величина энергии (мощности), извлекаемая из усиливающей среды.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Основы моделирования физических процессов переноса

Цель дисциплины:

- дать основы экспериментальных методов описания переноса излучений в сложных средах и композициях;
- изложение основ экспериментальных методик измерения радиационных процессов;
- детально ознакомить студентов с консервативным проекционным методом как для одноатомного газа, так и для смесей газов с различными молекулярными массами.

Задачи дисциплины:

- обучение студентов основным методам и подходам, используемым в кинетической теории, изучение базовых принципов кинетической теории, основанной уравнении Больцмана;
- формирование подходов, основанных на конечно-разностных аппроксимациях оператора адвекции кинетического уравнения, расщепление кинетического уравнения по физическим процессам. Обучение дискретной реализации начальных и граничных условий.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные физические принципы и методы кинетической теории Больцмана, физические явления, лежащие в основе методов переноса излучений в сложных средах и композициях.

уметь:

- решать поставленные задачи в области физики переноса излучений.

владеть:

- основами методов экспериментального моделирования проникающих излучений, методами разработки проблемно-моделирующих сред.

Темы и разделы курса:

1. Виды взаимодействия ядерных излучений с веществом, практическое использование их характеристик при решении задач радиационной безопасности и защиты.

Нейтроны: сечение взаимодействия, парциальные сечения упругого и неупругого рассеяния, захвата (радиационного и с испусканием заряженных частиц), деления, пороговых реакций; особенности взаимодействия с ядрами легких и тяжелых элементов; рассеяние нейтронов протонами; энергетическая и угловая зависимость сечений.

Фотоны: фотоэлектрическое поглощение, комптоновское рассеяние, эффект образования пар, фотоядерные реакции. Особенности взаимодействия с атомами легких и тяжелых элементов, энергетическая зависимость сечений; анизотропия комптоновского рассеяния фотонов, зависимость от энергии квантов, формула Кляйна - Нишины - Тамма.

2. Меры количества излучения, дозы и нормы облучения.

Поток (флюенс) частиц, плотность потока, единицы измерения. Поглощенная доза, мощность поглощенной дозы, единицы измерения.

Эквивалентная поглощенная доза, коэффициенты качества (весовые множители) различных видов излучения, группы критических органов (тканевые весовые множители), мощность дозы, единицы измерения, эквивалентная доза смешанного облучения.

3. Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений.

Организация работ с применением источников ионизирующих излучений. Получение, учет, хранение и перевозка источников. Работа с закрытыми источниками излучений и радиоактивными веществами в открытом виде. «Безопасные» приемы работы, примеры и правила личной гигиены. Радиационный контроль за работой персонала.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Основы молекулярной биофизики и моделирование биомолекул

Цель дисциплины:

Ознакомление студентов с основами биофизики, молекулярной биологии и современными методами компьютерного моделирования в этой области. Важной частью курса являются основы химии биомолекул и знакомство с основными современными методами компьютерного моделирования сложных (многочастичных и комплексных) биологических систем.

Задачи дисциплины:

Наиболее значимые научные открытия в настоящее время происходят на стыке различных фундаментальных дисциплин: физики, химии и биологии. В настоящем курсе демонстрируется применение фундаментальных физических моделей к решению реальных задач в области молекулярной биологии на стыке с биохимией. Показано, как разные уровни абстрагированного описания объектов исследования позволяют достичь взаимодополняющих результатов. Поскольку студенты ФОПФ не имеют систематической подготовки в молекулярной биологии, биохимии и биофизике, важной частью курса являются элементы этих дисциплин, позволяющие охватить основы строения, принципы функционирования и роли в организме ключевых биологических молекул и объектов, таких как белки, нуклеиновые кислоты и биомембраны. В рамках курса будут рассмотрены основные физические свойства этих молекулярных объектов и показаны методы компьютерного моделирования. Будет проведён обзор различных уровней описания биологических систем, начиная от квантово-механического и заканчивая рассмотрением распределения функциональных звеньев — аминокислот и нуклеотидов — в рамках современной биоинформатики.

Современный уровень развития высоких технологий и достижение значимых результатов в этой области немислимы без широкого использования компьютерного моделирования. Специалисты в области молекулярного моделирования должны не только свободно владеть компьютерными технологиями для обработки результатов экспериментов, подготовки отчетов, презентаций и пр., но и должны уметь оценивать и прогнозировать свойства и механизмы функционирования изучаемых сложных систем и конструкций с помощью вычислительного эксперимента. Это поможет рационально интерпретировать результаты традиционных физических исследований, даст возможность планирования новых экспериментов, будет способствовать формированию у обучающихся единой — теоретической и практико-ориентированной — картины изучаемых сложных объектов и явлений.

Важной отличительной особенностью курса является то, что большинство из рассматриваемых в нем примеров взяты из исследований, проводимых авторами в Лаборатории моделирования биомолекулярных систем Института биоорганической химии им. Академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики; порядки численных величин, характерные для различных разделов физики и физической химии; наиболее значимые современные проблемы физики, химии, математики, биологии, информатики; основные классы биомолекул; принципиальное устройство биологических мембран.

уметь:

абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций; пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных; делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента; производить численные оценки по порядку величины; делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах; осваивать новые предметные области, теоретические подходы, математические и физические модели, биологические особенности изучаемых объектов и экспериментальные методики, доступные для изучения последних; эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

навыками освоения большого объема информации, в том числе – научно-технической литературы на английском языке; навыками самостоятельной работы; культурой постановки и моделирования физических задач; навыками грамотной обработки результатов моделирования и сопоставления их с имеющимися экспериментальными и литературными данными; практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач классической механики; навыками теоретического анализа реальных задач, связанных с исследованием на атомном уровне свойств молекулярных систем и механизмов их функционирования.

Темы и разделы курса:

1. Введение: Возможное и невозможное в компьютерном моделировании биомолекул

Вводная часть: «Методы моделирования *in silico* в решении современных задач инженерии сложных систем (биоинформатика, моделирование структуры по гомологии)»

В рамках данной темы студенты знакомятся с основными подходами к компьютерному моделированию биомолекул, знакомятся с представлением данных, рассматривается ряд

общедоступных источников информации о свойствах биомолекул. Практическая часть включает в себя работу с базой данных Uniprot — поиск информации о нескольких белках, выравнивание аминокислотных последовательностей, поиск гомологов.

2. Структурная организация белковых молекул. Аминокислоты. Пептидная связь. Уровни организации белковых молекул. Разнообразие белков. Взаимосвязь структура - функция. Методы исследования структуры белков.

Основы биофизики и биохимии макромолекул. Основные классы биомолекул.

Обзор основных классов биомолекул — белков, нуклеиновых кислот, липидов, углеводов. Принципиальные функции, выполняемые данными молекулами в живой клетке. Примеры широко известных соединений.

3. Липиды и Мембраны. Мембранные белки: каналы, рецепторы. Роль, организация, особенности исследования.

Белки и пептиды. Структурная организация, свойства и функции. Разнообразие белков.

Химическая структура аминокислот. Физические свойства. Пептидная связь. Уровни структурной организации белковых молекул. Взаимосвязь структура-функция.

Биологические мембраны. Структура, свойства, функции. Углеводы.

Принципиальное устройство молекул фосфолипидов. Самоорганизация амфифильных молекул в водной среде. Основные свойства биологической мембраны. Углеводы, олигосахариды — структура, функции в организме.

4. Структура и функция ДНК и РНК. Центральная догма молекулярной биологии.

Экспериментальные методы исследования биомолекул.

Основные экспериментальные подходы к определению аминокислотной последовательности, пространственной структуры белков. Секвенирование геномов, базы данных. Особенности изучения мембранных белков и биомембран.

Нуклеиновые кислоты. Физические и химические свойства. Биологические функции и методы исследования.

Химическая структура нуклеотидов. ДНК и РНК. Основная догма молекулярной биологии. Генетический код. Пространственная структура РНК и ДНК.

5. Текстовая биоинформатика. Работа с последовательностями, мотивами и другими “большими” данными. Информационные базы в молекулярной биологии.

Текстовая биоинформатика и базы данных.

Знакомство с основными общедоступными базами данных, содержащими аминокислотные и нуклеотидные последовательности, данные о трёхмерной структуре биомолекул. Основные методы поиска и извлечения информации.

6. Метод моделирования структуры белков на основании гомологии и другие методы предсказания пространственной структуры биомолекул.

Метод эмпирического силового поля в моделировании сложных систем. Метод Монте-Карло в моделировании молекул, молекулярный докинг

Рассматриваются теоретические основы описания молекулярных систем с помощью эмпирических силовых полей, преимущества и недостатки различных уровней представления молекул (полноатомное, тяжёлоатомное, крупнозернистое). Предсказание структуры биомолекул методом Монте-Карло: плюсы и минусы подхода. Решение задачи взаимодействия белок-лиганд методом молекулярного докинга. Практическая часть занятия включает знакомство с программой AutoDock.

7. Молекулярный докинг как метод поиска структуры молекулярных комплексов. Преимущества и ограничения метода.

Метод эмпирического силового поля в моделировании сложных систем. Метод Монте-Карло в моделировании молекул, молекулярный докинг

Рассматриваются теоретические основы описания молекулярных систем с помощью эмпирических силовых полей, преимущества и недостатки различных уровней представления молекул (полноатомное, тяжёлоатомное, крупнозернистое). Предсказание структуры биомолекул методом Монте-Карло: плюсы и минусы подхода. Решение задачи взаимодействия белок-лиганд методом молекулярного докинга. Практическая часть занятия включает знакомство с программой AutoDock.

8. Метод эмпирического силового поля и молекулярная динамика биомолекул. “Крупнозернистое” и полноатомное приближение.

Метод молекулярной динамики в биофизике

Теоретические основы метода молекулярной динамики и особенности его применения к биологическим молекулярным системам. Типичные параметры молекулярно-динамических расчётов. Характерные времена молекулярных движений. В практической части — знакомство с программным пакетом GROMACS — параметризация системы белок-вода, постановка тестового расчёта и анализ данных.

9. Рациональный дизайн биологически активных молекул. Количественное описание структурно-динамических параметров. Метод фармакофоров.

Методы количественной оценки гидрофобных свойств молекулярных систем

Молекулярный гидрофобный потенциал (МГП) для количественной оценки гидрофобных/гидрофильных свойств. Принцип отнесения констант для биомолекул. Расчёты распределения МГП на молекулярной поверхности. Практические применения метода.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Основы оптических измерений

Цель дисциплины:

- ознакомление студентов с устройством основных оптических приборов и методами измерения их характеристик, а также формирование базовых представлений по современной оптике, развитие экспериментальных исследовательских навыков.

Задачи дисциплины:

- овладение навыками экспериментальной исследовательской деятельности;
- изучение методов юстировки оптических приборов и оптико-механических узлов, а также оптимизации условий процесса проведения оптических измерений с их использованием;
- знакомство с актуальными направлениями исследований в области оптики, спектроскопии, лазерной физики и физики взаимодействия излучения с веществом;
- активизация познавательного, исследовательского интереса учащихся и расширение научного кругозора студентов по актуальным разделам современной оптики.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия геометрической оптики;
- критерий Рэлея для разрешающей способности оптических систем;
- дисперсию показателя преломления. Качественный ход показателя преломления в широком диапазоне частот;
- теорию идеальных оптических систем;
- методы исправления аберраций реальных оптических систем.

уметь:

- рассчитывать в параксиальном приближении или с использованием условия синусов Аббе и измерять разрешающую способность оптических систем (микроскопа, телескопа, объектива);

- определять апертурную и полевую диафрагмы для сложной оптической системы, рассчитывать размеры входного и выходного зрачка, входного и выходного люка;
- измерять разрешающую способность оптических систем с помощью штриховых миш;
- измерять ГРИП объектива и микроскопа;
- определять поле зрения микроскопа и угловое поле телескопа;
- измерять диаметр выходного зрачка при помощи динаметра Рамсдена.

владеть:

- методами юстировки, центрирования, измерения разрешающей способности, глубины резко изображаемого пространства, поля зрения для объективов, телескопических и микроскопических систем;
- методами расчета оптических систем;
- методами оценки качества реальных оптических систем.

Темы и разделы курса:

1. Аберрации в реальных оптических системах.

Аберрации в реальных оптических системах. Сферическая аберрация. Хроматическая аберрация. Астигматизм. Кома. Дисторсия.

Влияние дифракции света на разрешающую способность оптических систем. Критерий Рэля.

2. Гониометры. Оптические свойства призмы.

Принципы прецизионных измерений углов призм с помощью гониометра ГС-5. Гониометр-спектрометр ГС-2.

Оптические свойства призмы. Классическая теория дисперсии. Нормальная и аномальная дисперсия, поглощение. Угловая и линейная дисперсия. Разрешающая способность. Симметричный ход луча.

3. Микроскопические системы.

Лупа. Микроскоп. Ограничение лучей в микроскопе. Полезное увеличение. Разрешающая способность. Глубина резко изображаемого пространства (ГРИП) в лупе. ГРИП при использовании микроскопа. Иммерсионные микроскопы.

Ограничение пучков лучей в оптической системе. Диафрагмы, входные и выходные зрачки, входные и выходные окна. Апертура. Полевая линза.

Глаз как оптический инструмент и приемник световой энергии. Измерительный микроскоп «МИР-2» и микроскоп «Биолам Р-12». Измерение диаметра выходного зрачка при помощи динаметра Рамсдена.

4. Исследование объектива.

Объектив. Разрешающая способность объектива. Глубина резко изображаемого пространства (ГРИП).

Оптические скамьи ОСК-2 и ОСК-3. Штриховые миры для определения разрешения оптических систем.

5. Телескопические системы.

Основные понятия геометрической оптики. Кардинальные элементы идеальной оптической системы. Преломление лучей сферической поверхностью. Линза. Формула Ньютона. Инвариант Лагранжа-Гельмгольца. Инвариант Аббе.

Условие синусов. Телецентрический ход главных лучей.

Телескопические системы. Ограничение пучков в телескопической системе. Увеличение. Разрешающая способность телескопа. Угловое поле. ГРИП.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Основы релятивистской астрофизики

Цель дисциплины:

Цель курса – научить студентов практическому использованию основ Общей теории относительности применительно к наблюдаемой Вселенной, получению оценок космологических параметров и свойств чёрных дыр, Тёмной Материи и Тёмной энергии.

Задачи дисциплины:

- сообщение основных сведений в области космологии и физики сверхплотных объектов как дисциплины, интегрирующей общефизическую и общетеоретическую подготовку физиков и обеспечивающей фундаментальные знания в различных современных сферах деятельности;
- дать студенту навыки, необходимые для проведения простейшего анализа данных, и выработать критическое отношение к данным наблюдений современной астрономии и космологии и к теоретическим моделям в астрофизике;
- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области физики сверхплотных объектов и в космологии.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- современные проблемы физики, химии, математики;
- теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях;
- принципы симметрии и законы сохранения;
- новейшие открытия естествознания;
- постановку проблем и современное состояние релятивистской астрофизики;
- о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;
- абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций;
- решать задачи релятивистской астрофизики в различных приближениях.

владеть:

- научной картиной мира;
- навыками самостоятельной работы;
- математическим моделированием физических задач.

Темы и разделы курса:

1. Основы астрометрии и космографии. Открытие «Расширения» Вселенной. Основы релятивистской гравитации. Метрика Шварцшильда. Уравнения для гравитационного поля. Уравнения движения как следствие уравнений ОТО.

Основы астрометрии и космографии

Релятивистские звёзды, реликтовое излучение. Установление астрономических и физических единиц. Система отсчёта и система координат. Гравитационное красное смещение. «Вечный двигатель» Я.Б.Зельдовича. Изменение хода времени в гравитационном поле. Доля барионов во Вселенной и крупномасштабная структура.

Открытие «Расширения» Вселенной

Открытия Слайфера, Вирца, Леметра, Хаббла и других астрономов в начале 20-го века. Разбегание галактик. Красное смещение в космологии, связь с масштабным фактором, трудности сведения его к доплер-эффекту. Основные аргументы в пользу наличия Тёмной материи. Почему трудно объяснить все факты модифицированной гравитацией без Тёмной материи. Открытие Тёмной энергии.

Основы релятивистской гравитации

Предел Чандрасекара и масса Планка в равновесии звёзд. Проверки Ньютоновской гравитации в лаборатории, в солнечной системе, в двойных пульсарах и на масштабах галактик. Мотивация к релятивистской гравитации - парадокс Лапласа. Принцип эквивалентности (сильный и слабый). Общая Теория Относительности. Мир как пространство-время. Искривлённый мир. Метрика, метрический тензор. Геодезические. Геодезический лагранжиан. Аффинный параметр.

Метрика Шварцшильда

Запись в шварцшильдовских, в изотропных и в гармонических координатах. Орбиты в метрике Шварцшильда. Искривление лучей света. Эксперименты по проверке ОТО. Внешние проявления чёрных дыр. Аккреция. Горизонт событий. Описание метрики внутри горизонта.

Уравнения для гравитационного поля

Символы Кристоффеля из геодезического лагранжиана. Параллельный перенос и ковариантные производные. Избыток суммы углов треугольника и тензор кривизны. Вариационный принцип Гильберта на конкретных примерах. Вычисление компонент тензора Риччи для сферически-симметричной метрики. Вывод метрики Шварцшильда из действия Гильберта. Граничные члены. Действие Йорка-Гиббонса-Хокинга (York—Gibbons—Hawking action). Уравнения Эйнштейна

Уравнения движения как следствие уравнений ОТО

Доказательство движения материальной точки по геодезической из условия зануления ковариантной дивергенции тензора энергии-импульса. Обнуление ковариантной дивергенции тензора Эйнштейна из вариационного принципа. Вывод попутно с введением векторов Киллинга.

2. Уравнения движения как следствие уравнений ОТО. Основы космологии. Однородные и изотропные модели. Практическая космология. Параметр Хаббла. Горячая Вселенная и холодная материя. Космография: расстояния во Вселенной. Равновесие сверхплотных звёзд, энергетика аккреции. Гравитационный коллапс, сверхмассивные чёрные дыры и квазары.

Основы космологии. Однородные и изотропные модели.

Однородные и изотропные модели. Вселенная Фридмана. Форма метрики в записи Фридмана и в записи Робертсона—Уокера. Кристоффели для метрики FRW (вычисление вручную из геодезического лагранжиана). Тензор Риччи в той же метрике. Полное действие Гильберта (кривизна плюс вещество). Уравнение Фридмана из вариационного принципа. Граничные члены. Давление как источник гравитации. Связь уравнений Фридмана с термодинамикой. Ньютонов предел.

Практическая космология. Параметр Хаббла

Параметр или постоянная Хаббла, параметр плотности. Поведение решений в моделях Фридмана, Де Ситтера и Эйнштейна-Де Ситтера. Горизонт в современной и в радиационно-доминированной Вселенной.

Горячая Вселенная и холодная материя

Первичный нуклеосинтез. Рост возмущений в Тёмной материи. Рекомбинация в горячей вселенной, понятие о поверхности последнего рассеяния. Информация, содержащаяся в спектре реликтового излучения. Роль холодной Тёмной материи в образовании крупномасштабной структуры. Сглаживание мелких масштабов и ограничения на массу нейтрино.

Космография: расстояния во Вселенной.

Фотометрическое расстояние, вывод формулы его связи с космологическим красным смещением источника. Явные формулы для частных случаев космологических моделей. Извлечение параметров Тёмной Материи и Тёмная Энергия из наблюдений сверхновых, реликтового излучения и барионных акустических осцилляций.

Равновесие сверхплотных звёзд, энергетика аккреции

Релятивистские звезды. Метрика внутри сферически-симметричной звезды. Релятивистская энергия связи. Уравнение механического равновесия звезды. Вывод уравнения Оппенгеймера-Волкова для равновесия статической релятивистской звезды из вариационного принципа.

Гравитационный коллапс, сверхмассивные чёрные дыры и квазары

Потеря устойчивости, коллапс. Статический критерий механической устойчивости. Энергия частицы в поле звезды в ОТО. Вращающиеся чёрные дыры, метрика Керра. Орбиты частиц и энерговыделение при аккреции в метрике Керра. Эргосфера. Активные ядра галактик, сверхмассивные чёрные дыры и квазары. Связь физика сверхновых и гамма-всплесков и применение этих объектов в космологии.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Основы современной физики: лабораторный практикум (КОФ)

Цель дисциплины:

формирование базовых знаний по физике и умения работать в лаборатории для дальнейшего использования в других дисциплинах естественнонаучного содержания; формирование культуры эксперимента, исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся базовых знаний по физике;
- формирование культуры эксперимента: умение работать в лаборатории, знать основные методы эксперимента, устанавливать логические связи между понятиями;
- формирование умений и навыков применять полученные знания для постановки эксперимента, самостоятельного анализа полученных результатов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- методику проведения эксперимента;
- методику обработки полученных результатов.

уметь:

- работать с современным измерительным оборудованием;
- правильно обрабатывать полученные экспериментальные данные.

владеть:

- навыками работы с современным измерительным оборудованием;
- основными математическими инструментами, характерными для задач механики.

Темы и разделы курса:

1. Эффект Мессбауэра. Исследование резонансного поглощения γ квантов.

С помощью метода доплеровского сдвига в мессбауэровской линии поглощения исследуется резонансное поглощение γ -квантов, испускаемых ядрами олова. Определяется положение максимума резонансного поглощения, его величина, а также экспериментальная ширина линии.

2. Исследование эффекта Комптона.

С помощью сцинтилляционного спектрометра исследуется энергетический спектр γ -квантов, рассеянных на графите. Определяется энергия рассеянных γ -квантов в зависимости от угла рассеяния, а также энергия покоя частиц, на которых происходит комптоновское рассеяние.

3. Магнитный момент легких ядер /ЯМР/.

Методом ядерного магнитного резонанса (ЯМР) измеряются g -факторы протона, дейтрона и ядра фтора и вычисляются их магнитные моменты. Результаты сравниваются с вычисленными на основе кварковой модели адронов и одночастичной оболочечной модели ядер.

4. Спектрометрия γ – излучения с помощью сцинтилляционного спектрометра. Измерение абсолютной активности препарата Со методом γ – γ совпадений.

Методом γ – совпадений измеряется абсолютная активность препарата Со. После этого определяется энергия γ -квантов неизвестного радиоактивного препарата.

5. Определение энергии α частиц по величине их пробега в воздухе.

Измеряется пробег α -частиц в воздухе двумя способами: с помощью торцевого счетчика Гейгера и сцинтилляционного счетчика. По полученным величинам определяется энергия частиц.

6. Измерение времени жизни мюонов на основании углового распределения интенсивности космических лучей.

С помощью телескопа из двух сцинтилляторов измеряется угловое распределение жесткой компоненты космического излучения. На основе полученных данных оценивается время жизни мюона.

7. Сцинтилляционный счетчик для детектирования космического излучения.

Измеряется зависимость вероятности образования ливней вторичных заряженных частиц в свинце от глубины уровня наблюдения (каскадная кривая). По результатам оценивается средняя энергия частиц в ливне.

8. Обсуждение теоретических вопросов по предыдущим темам.

Проверяется знание студентами основ обработки результатов экспериментов, методов регистрации частиц и конструкций фотоумножителей. После этого излагаются основные модели взаимодействия излучения с веществом и элементы физики высоких плотностей энергии.

9. Изучение законов теплового излучения.

Оптическим пирометром с исчезающей нитью и термопарой исследуется излучение нагретых тел. В модели абсолютно черного тела вычисляются значения постоянных Планка и Стефана-Больцмана.

10. Фотоэффект.

Исследуется зависимость фототока от величины задерживающего потенциала и частоты падающего излучения. По результатам вычисляется значение постоянной Планка.

11. Атом водорода.

Исследуются закономерности в оптическом спектре атома водорода. По результатам вычисляются постоянная Ридберга для двух изотопов, их потенциалы ионизации, изотопические сдвиги линий.

12. Закон Кюри - Вейсса и обменное взаимодействие в ферромагнетиках.

Исследуется температурная зависимость магнитной восприимчивости металлического гадолиния в парамагнитной области (выше точки Кюри). По измеренной температуре Кюри оценивается энергия обменного взаимодействия.

13. Электронный парамагнитный резонанс.

Исследуется ЭПР в молекуле ДФПГ. По результатам измерений определяется g-фактор электрона и ширина линии ЭПР.

14. Определение ширины запрещенной зоны полупроводников.

Исследуется температурная зависимость проводимости германия и кремния. По результатам определяется ширина запрещенной зоны и сравниваются погрешности трех методов.

15. Исследование собственной и примесной проводимости в полупроводниках.

Исследуется спектральная зависимость фототока в образцах CdS и CdSe с примесями ионов меди. По результатам определяются ширина запрещенной зоны полупроводника и энергия ионизации примеси.

16. Измерение контактной разности потенциалов в полупроводниках.

Измеряется температурная зависимость сопротивления германиевого диода. По результатам определяется контактная разность потенциалов (p-n)-перехода.

17. Туннелирование в полупроводниках

Исследуется принцип действия туннельного диода. Измеряется его вольт-амперная характеристика и определяются основные параметры диода.

18. Проверка закона Видемана-Франца

Четырехточечным методом определяются коэффициенты теплопроводности и электрическая проводимость при комнатной температуре для меди, латуни, алюминия и дюралюминия. По результатам вычисляется постоянная Лоренца.

19. Измерение времени жизни мюона. Исследование поглощения вторичного космического излучения в веществе

С помощью телескопа из двух сцинтилляторов измеряется угловое распределение жесткой компоненты космического излучения. На основе полученных данных оценивается время жизни мюона.

Измеряется зависимость вероятности образования ливней вторичных заряженных частиц в свинце от глубины уровня наблюдения (каскадная кривая). По результатам оценивается средняя энергия частиц в ливне.

20. Обсуждение теоретических вопросов по предыдущим темам

Проверяется знание студентами основ обработки результатов экспериментов, методов регистрации частиц и конструкций фотоумножителей. После этого излагаются основные модели взаимодействия излучения с веществом и элементы физики высоких плотностей энергии.

21. Эффект Рамзауэра.

Исследуется энергетическая зависимость вероятности рассеяния медленных электронов атомами ксенона. По результатам измерений оценивается размер внешней электронной оболочки атома.

22. Измерение коэффициента ослабления потока γ -лучей в веществе и определение их энергии. Работа по радиоационной безопасности.

С помощью сцинтилляционного счетчика измеряются линейные коэффициенты ослабления потока γ -лучей в свинце, железе и алюминии. По результатам определяется энергия γ -квантов.

23. Исследование энергетического спектра α -частиц и определение их минимальной энергии.

С помощью магнитного спектрометра исследуется энергетический спектр α -частиц при распаде ядер цезия. Калибровка спектрометра осуществляется по энергии электронов внутренней конверсии.

24. Опыт Франка-Герца.

Методом электронного возбуждения измеряется энергия первого уровня атома гелия. Сравниваются результаты, полученные в динамическом и статическом режимах.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Основы современной физики: лабораторный практикум (КРФ)

Цель дисциплины:

- Знакомство студентов с актуальными проблемами и методами фундаментальной и прикладной фотоники, лазерной физики и квантовых технологий.
- Получение ими навыков экспериментальной работы в указанных областях.
- Повышение интереса студентов к экспериментальной деятельности и приобретение ими квалификаций, необходимых для работы в передовых научных лабораториях.

Задачи дисциплины:

- получение практических навыков работы с современным оптическим и спектральным оборудованием;
- приобретение навыков планирования эксперимента, сборки измерительных схем, а также культуры работы в оптической лаборатории;
- формирование связи между теоретическими знаниями по квантовой механике, атомно-молекулярной физике и физике конденсированного состояния и их применением на практике.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные принципы генерации когерентного излучения;
- явления, возникающие при взаимодействии излучения с веществом;
- эффекты размерного квантования в одномерных и двумерных системах;
- устройство и принципы работы атомно-силового микроскопа, раман-люминесцентного микроскопа, фурье-спектрометра;
- принципы лазерного охлаждения и захвата атомов и ионов.

уметь:

- проектировать и собирать измерительные схемы для проведения спектральных исследований;

- проводить моделирование квантоворазмерных структур, сравнительный анализ расчётов с экспериментальными результатами;
- работать на современном физическом оборудовании и с современными экспериментальными образцами, соблюдая правила работы в лаборатории и требования техники безопасности.

Владеть:

- методами исследования спектров поглощения и люминесценции полупроводниковых квантовых структур и биологических объектов;
- методом спектроскопии насыщенного поглощения в ячейке с парами атомного газа;
- принципами фурье-спектроскопии и спектроскопии комбинационного рассеяния света;
- принципами лазерного охлаждения и захвата атомов в магнитооптическую ловушку;
- навыками работы на современных экспериментальных установках.

Темы и разделы курса:

1. Размерное квантование на примере полупроводниковой квантовой ямы

В ходе работы студент ознакомится с оптическими свойствами полупроводниковых квантовых ям на примере хорошо известной системы GaAs/AlGaAs. Предлагаемая работа включает несколько частей: (1) самостоятельная сборка и юстировка простейшего стенда, предназначенного для измерений спектров фотолюминесценции; (2) получение спектров люминесценции для серии гетероструктур с квантовыми ямами различной толщины и с различным составом барьерных слоев; (3) расчет одноэлектронного спектра квантовых ям в рамках приближения эффективной массы и моделирование спектров излучения. На основе сопоставления рассчитанных и экспериментально измеренных спектров излучения студент определяет квантоворазмерные поправки для электронов и дырок, а также оценивает эффективную температуру неравновесной электронно-дырочной системы.

2. Демонстрация основных принципов генерации когерентного излучения на примере полупроводникового лазера

Цель данной работы состоит в демонстрации основных принципов генерации когерентного излучения на примере полупроводникового лазера. Студенту предлагается пронаблюдать переход от режима спонтанного излучения к лазерной генерации и провести анализ основных факторов, определяющих спектр излучения лазерной системы.

На первом этапе студент измеряет спектры излучения лазерного диода в зависимости от тока через него и наблюдает переход от спонтанного излучения к вынужденному, анализирует изменение диаграммы направленности излучения и поляризации при таком переходе. Исследуется зависимость частоты излучения и модового состава от температуры диода и тока накачки. По результатам первого этапа студент рассчитывает необходимые свойства дифракционной решётки для формирования внешнего резонатора. На втором этапе студент использует рассчитанную решётку для создания внешнего резонатора, наблюдает понижение порогового тока генерации диода. С помощью сканирующего

интерферометра анализируются характеристики спектра излучения без резонатора и в его присутствии, наблюдается сужение линии, возможность перестройки длины волны с помощью поворота дифракционной решётки.

3. Спектроскопия коллоидных квантовых точек и металлических наночастиц

Выполняется одна из двух работ:

1) Исследование спектров поглощения и люминесценции коллоидных квантовых точек

Цель работы – ознакомление студента с электронной структурой и оптическими свойствами квантовых точек типа «ядро-оболочка». Работа включает три основные части: (i) измерение спектров люминесценции коллоидных квантовых точек с разным размером ядра, измерение спектров пропускания коллоидных растворов квантовых точек с разным размером ядра; (ii) расчет электронного спектра квантовых точек в среде Wolfram Mathematica; (iii) отождествление основных электронных переходов в ядрах квантовых точек на основе расчетов.

2) Наблюдение локализованного плазмонного резонанса в металлических наночастицах

Цель работы – ознакомление с понятием и оптическими свойствами локализованных поверхностных плазмон-поляритонов в металлических наночастицах. В ходе работы студент самостоятельно подготавливает коллоидные растворы наночастиц золота и собирает простейшую оптическую схему для измерения их спектров пропускания. На следующем этапе с использованием собранного стенда студент определяет спектральное положение локализованных плазмонных резонансов для наночастиц различного размера и формы (наносфера, нанопалочка). На финальном этапе с использованием количественных оценок для положений плазмонных резонансов для однородных металлических частиц сферической и сфероидальной форм (полученных в рамках квазистатического приближения и более строгих моделей), студент определяет форму и размеры частиц, исходя из структуры характера и особенностей их спектров поглощения.

4. Комбинационное рассеяние света. Фурье спектроскопия

1. Комбинационное рассеяние света

Студенту будет предложено ознакомиться с принципами спектроскопии комбинационного рассеяния света, освоить современный раман-люминесцентный микроскоп и самостоятельно провести серию экспериментов, демонстрирующих применение спектроскопии комбинационного рассеяния света в различных областях:

- Идентификация материалов. В спектрах комбинационного рассеяния света в алмазе и фианите студент должен отождествить активные в КРС колебания и определить, какой кристалл является подделкой алмаза.

- Структурные свойства материалов. Производится измерение спектров КРС для кристаллов диоксида титана и отождествление наблюдаемых пиков исходя из фоновых дисперсионных кривых и правил отбора для процессов неупругого рассеяния первого порядка. Затем студент проводит измерения для нанопорошков того же материала и интерпретирует изменения в спектрах КРС, связанные с размерными эффектами.

- Биология. Студенту предлагается измерить спектр комбинационного рассеяния света альбумина и отождествить пики КРС, соответствующие валентным $\nu(\text{COO}^-)$ и деформационным $\delta(\text{N}+\text{H}_3(2))$ колебаниям аминокислот.

2. Фурье спектроскопия

Студент знакомится с устройством и принципом работы современного Фурье спектрографа. Затем ему предлагается провести серию экспериментов, демонстрирующих применение Фурье спектроскопии в различных областях:

- Полупроводниковые технологии. На основе измерений спектров ИК пропускания студенту предлагается определить край фундаментального поглощения различных полупроводниковых материалов, а также оценить, какие из них нелегированные, а какие содержат высокую концентрацию носителей.

- Молекулярная спектроскопия. Измеряются спектры пропускания молекулярных газов, соответствующие колебательно-вращательным переходам. Затем студент производит сопоставление полученных данных с теоретическими расчетами и отождествляет наблюдаемые линии поглощения.

- Биология. Студенту предлагается измерить спектр пропускания альбумина и отождествить полосы поглощения, соответствующие валентным $\nu(\text{COO}^-)$ и деформационным $\delta(\text{N}+\text{H}_3(2))$ колебаниям аминокислот.

5. Спектроскопия насыщенного поглощения в ячейке с парами атомов Rb. Эффект Зеемана

Выполняется одна из двух работ:

1) Спектроскопия насыщенного поглощения в ячейке с парами атомов Rb

В рамках работы предлагается самостоятельно собрать и отладить оптическую схему и пронаблюдать резонансы насыщенного поглощения в ячейке со смесью паров 87Rb и 85Rb ; идентифицировать полученные контуры с конкретными переходами в атомах; исследовать зависимости характеристик резонансов от параметров эксперимента; оценить сверхтонкое расщепление и изотопический сдвиг; стабилизировать частоту лазера по контуру резонанса с использованием фазовой модуляции и синхронного детектирования.

2) Наблюдение эффекта Зеемана для атомов Rb методом спектроскопии насыщенного поглощения

В рамках работы предлагается пронаблюдать расщепление Зеемана во внешнем магнитном поле, поместив ячейку со смесью паров 87Rb и 85Rb в соленоид, формирующий постоянное однородное магнитное поле; определить g-факторы Ланде различных уровней по величине расщепления; поместить ячейку в магнитный экран и по уменьшению ширины контуров оценить лабораторное магнитное поле.

6. Анализ влияния изотопического состава алмазной матрицы на свойства центров окраски в синтетических алмазах

Студенту предлагается самостоятельно собрать сопряженный с волоконным спектрографом конфокальный микроскоп и провести измерения спектров фотолюминесценции синтетических алмазов с разным изотопическим составом матрицы при температуре 77К. На основе измеренных спектров студенту необходимо определить характерные частоты фононов алмазной матрицы и локализованных фононов для GeV- и SiV- центров окраски.

7. Лазерное охлаждение и захват в магнитооптическую ловушку атомов рубидия

Целью настоящей лабораторной работы является знакомство студента с лазерным охлаждением и работой магнитооптической ловушки на примере атомов рубидия. В рамках выполнения работы необходимо стабилизировать частоты двух лазеров методом спектроскопии насыщенного поглощения, захватить атомы в магнито-оптическую ловушку, измерить температуру атомов методом баллистического разлета и исследовать субдоплеровское охлаждение.

8. Атомно-силовая микроскопия

На первом этапе проводится знакомство с физическими принципами атомно-силовой микроскопии и элементами атомно-силового микроскопа, включая систему обратной связи, синхронный детектор, сканирующие пьезо-подвижки и др. Затем студент самостоятельно проводит юстировку микроскопа. На финальном этапе студент получает изображения тестовых объектов в полуконтактном режиме: регистрирует морфологию поверхности эпитаксиальной гетероструктуры с квантовыми точками, определяет толщину монослоя графена или слоистого материала из группы дихалькогенидов переходных металлов, а также оценивает дисперсию размеров для порошковых наноматериалов.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Основы современной физики

Цель дисциплины:

Освоение студентами базовых знаний в области квантовой макрофизики для дальнейшего изучения соответствующих разделов теоретической физики, а также углубленного изучения фундаментальных основ современной физики.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся базовых знаний и понятий в области квантовой макрофизики и физики конденсированного состояния.
- формирование умений и навыков применять изученные теоретические законы и математические инструменты для решения задач квантовой макрофизики
- формирование общефизической культуры: умения выделять существенные физические явления и пренебрегать несущественными; умения проводить оценки физических величин; умения строить простейшие теоретические модели, описывающие физические процессы.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные законы и понятия квантовой макрофизики, а также границы их применимости:
- основные метода описания кристаллических структур, понятия примитивной и элементарной ячейки, ячейка Вигнера-Зейтца, понятия обратной решётки и первой зоны Бриллюэна.
- основные экспериментальные методы определения параметров кристаллических структур: рентгеновские и нейтронные методы исследования, дифракция Брэгга-Вульфа.
- способы описания коллективных возбуждений кристаллической решётки, иметь представление о фононах.
- метод описания поведения электронов в твёрдых телах: зонная теория, распределение Ферми-Дирака, модель сильной и слабой связи.
- особенности строения полупроводников, а также поведения электронов в полупроводниках.

- основные положения электронно-дырочной проводимости металлов и полупроводников.
- иметь представление о примесной проводимости в полупроводниках
- связь контактная разности потенциалов и термоЭДС.
- базовые модели описания явлений сверхтекучести и сверхпроводимости
- положения квантового описания магнитных свойств твёрдых тел

уметь:

- применять изученные законы квантовой физики для решения конкретных задач:
- уметь пользоваться классификацией типов кристаллических решёток Браве.
- применять законы дисперсии фононов для расчёта теплоёмкости кристаллов в мках модели Дебая и Эйнштейна.
- вычислять закон дисперсии для электронов и дырок в рамках слабой и сильной связи
- определять уровень энергии ферми в металлах и полупроводниках относительно края зоны проводимости
- определять вид температурной зависимости электропроводности полупроводников
- вычислять вид вольтамперной характеристики p-n перехода
- анализировать физические задачи, выделяя существенные и несущественные аспекты явления, и на основе проведённого анализа строить упрощённые теоретические модели физических явлений;
- применять различные математические инструменты решения задач исходя из сформулированных физических законов, и проводить необходимые аналитические и численные расчёты.

владеть:

- основными методами решения задач квантовой макрофизики;
- основными математическими инструментами, характерными для задач квантовой макрофизики.

Темы и разделы курса:

1. Структура и колебания кристаллических решёток.

Кристалл как система с трансляционной симметрией. Представление о решётке Браве, элементарной ячейке, симметрии кристалла. Обратная решётка, вектор обратной решётки. Дифракция на кристалле, связь условия Брэгга с вектором обратной решётки. Упругие колебания в цепочках. Эквивалентность волн с волновыми векторами, отличающимися на вектор обратной решётки. Первая зона Бриллюэна.

2. Теплоёмкость твёрдого тела. Модель Дебая.

Колебания решётки, оптические и акустические моды, положение звуковых колебаний в фоннном спектре. Подсчёт полного числа колебаний. Модель Дебая и модель Эйнштейна. Вычисление теплоёмкости в модели Дебая, характерная величина температуры Дебая, низкотемпературный закон ТЗ.

3. Электронный ферми-газ.

Принцип Паули. Распределение Ферми. Идеальный ферми-газ, энергия и импульс Ферми. Плотность состояний. Энергия и теплоёмкость идеального ферми газа. Электронные и дырочные возбуждения. Роль взаимодействия частиц в ферми-газе, связь с плотностью ферми-газа. Рассмотрение периодического потенциала в модели слабой

связи, как модель щелочных металлов. Причина образования запрещённых зон: дифракция Вульфа–Брегга электронов на решётке.

4. Электроны в кристалле.

Приближение сильной связи. Зонная структура, разрешённые и запрещённые зоны, связь заполнения зон с проводимостью. Поверхность Ферми для электронов в кристалле. Понятие эффективной массы.

5. Кинетические и электрические явления в твёрдых телах и металлах.

Длина и время свободного пробега. Фоннная и электронная теплопроводность. Процессы переброса в трёхфоннных процессах. Зависимость вкладов различных процессов в теплопроводность от температуры. Кинетическое уравнение, τ -приближение, модель Друде–Лоренца, электропроводность. Электрон-электронные, электрон-фоннные столкновения и рассеяние на примесях. Правило Маттисена, закон Блоха–Грюнайзена. Электронная теплопроводность. Качественное различие механизмов релаксации энергии и импульса электронов в процессах тепло- и электропроводности, закон Видемана–Франца.

6. Объёмные полупроводники.

Щелевой спектр полупроводников. Электронные и дырочные возбуждения в полупроводниках, заряд дырок. Примесные донорные и акцепторные уровни в слаболегированных полупроводниках, оценка энергии мелких примесных уровней. Положение химпотенциала в полупроводниках, правило рычага. Электропроводность полупроводников. Температурная зависимость времени релаксации импульса электронов. p–n переход.

7. Методы изучения спектров колебаний в твёрдых телах.

Экспериментальные методы изучения спектров колебаний и структуры кристаллов. ИК-спектроскопия. Комбинационное рассеяние света: мандельштам-рамановские и мандельштам-бриллюэновские процессы. Рентгеновская дифракция и неупругое рассеяние рентгеновских лучей. Упругое и неупругое рассеяние нейтронов.

8. Электроны в магнитном поле.

Парамагнетизм Паули. Уровни Ландау (квантовомеханический и квазиклассический вывод). Циклотронный резонанс, осцилляции де Гааза, их связь с геометрией поверхности Ферми. Классический эффект Холла в полупроводниках.

9. Низкоразмерные электронные системы.

Критерии низкоразмерности – длина свободного пробега, длина свободного пробега, квантование спектра. Двумерные системы – приближение прямоугольной квантовой ямы, спектр. Одномерные системы спектр, квантование проводимости. Нульмерные системы – квантовые точки. Спектр, кулоновская блокада, одноэлектронный транзистор.

10. Низкоразмерные структуры на основе полупроводников.

Гетеропереход, образование квантовой ямы. Полевой транзистор.

11. Квантовый эффект Холла.

Основные экспериментальные факты о целочисленном КЭХ. Одночастичный спектр, щели, загиб уровней на краю образца. Протекание тока, диамагнитный и транспортный токи. Отсутствие рассеяния назад, диссипация энергии. Дробный КЭХ – основные факты.

12. Сверхтекучесть.

Магнитные свойства сверхпроводников (I рода). Термодинамика сверхпроводников. Сверхтекучесть ^4He . λ -точка. Спектр: фононы и ротоны. Критерий Ландау. Двухжидкостная модель. Термодинамика сверхпроводников. Критическая температура и критическое магнитное поле. Магнитные свойства сверхпроводников, эффект Мейсснера. Энтропия сверхпроводящего состояния. Скачок теплоемкости.

13. Электродинамика сверхпроводников.

Основы микроскопии. Сверхпроводники II рода. Уравнение Лондонов. Количественное описание эффекта Мейсснера, глубина проникновения. Квантовое обобщение уравнения Лондонов, квантование магнитного потока. Основы микроскопии. Куперовские пары и сверхпроводящий конденсат. Плотность состояний и щель в спектре. Длина когерентности. Сверхпроводники II рода. Вихри Абрикосова и вихри в гелии. Нижнее и верхнее критическое поле, смешанное состояние.

14. Энергетические диаграммы для квазичастичного тока в контактах сверхпроводников.

Эффект Джозефсона. Квазичастичное туннелирование, энергетические диаграммы. Эффект Джозефсона (стационарный и нестационарный). Резистивная модель. Джозефсоновская генерация. Сквид.

15. Магнетизм .

Магнитный порядок в кристаллах, обменное взаимодействие как причина его возникновения. Ферромагнетики и антиферромагнетики. Модель молекулярного поля. Закон Кюри–Вейса. Намагниченность ферромагнетика в модели молекулярного поля. Спиновые волны в ферромагнетике, их спектр и вклад в низкотемпературную намагниченность и теплоёмкость ферромагнетика.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Основы современной фотоники

Цель дисциплины:

- дать обзор современного состояния исследований в области фотоники, на основе анализа физической природы явлений. В курсе будут рассмотрены вопросы лазерной физики, спектроскопии наноразмерных и субмикронных систем, оптики метаматериалов, методы оптической обработки информации, оптики фотонных кристаллов, радиофотоники и ряд других оптических явлений составляющих современную фотонику. Программа курса составлена с учетом тех знаний и навыков, которыми обладают студенты 3 курса ЛФИ.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся твердых знаний по основным направлениям современной фотоники;
- формирование общефизического уровня, позволяющего студентам работать с современной научной литературой.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- принципы и физические основы работы лазеров различного типа;
- основные положения Фурье-оптики, принципы построения когерентных оптических систем аналоговой обработки информации, основы голографии;
- методы получения и современные области применения наноматериалов, особенности протекания нелинейно-оптических процессов в наноразмерных системах;
- основы теории фотонных кристаллов, принципы формирования фотонных запрещенных зон;
- основные методы и средства микроволновой фотоники используемые для практических приложений;
- принцип действия основных устройств, предназначенные для преобразования света в электрический ток, таких как фотосопротивления, фотодиоды, фототранзисторы, фототиристоры, пироэлектрические приёмники.

уметь:

- уметь рассчитывать простейшие лазерные системы;
- рассчитывать параметры фотонных запрещенных зон;
- уметь оценить возможности и характеристики необходимой регистрирующей аппаратуры для определения заданных параметров когерентного излучения;
- рассчитывать частотные моды резонаторов; скоростями.

владеть:

- представлением об основных задачах современной фотоники и способах их решения.

Темы и разделы курса:**1. Основы лазерной физики**

Оптические квантовые генераторы света. Генерация коротких импульсов. Методы модуляции добротности и синхронизации мод. Современные твердотельные лазерные системы. Генерация рентгеновского и гамма-излучения. Лазеры на свободных электронах. Генерация высоких гармоник. Генерация импульсов аттосекундной длительности. Волоконные лазерные системы, волоконная оптика.

2. Оптические методы обработки и передачи изображения

Общая характеристика оптических методов и устройств обработки информации. Оптические системы, выполняющие преобразование Фурье. Физические принципы голографии. Когерентные оптические системы аналоговой обработки информации. Оптоэлектронная гибридная вычислительная система.

3. Оптика наноразмерных систем

Наноструктуры. Методы получения и современные области применения

наноматериалов. Классификация наноструктур. Нанокластеры. Нульмерные, одномерные, двумерные и трехмерные наноструктуры. Классификация методов синтеза наноматериалов. Физические и химические методы синтеза. Методы разделения наночастиц по размерам. Процессы самосборки в наносистемах. Синтез наночастиц в аморфных и упорядоченных матрицах. Нанолитография. Микро- и нанoeлектромеханические нанoустройства. Нанoeлектроника. Нанofотоника. Молекулярная электроника. Особенности протекания нелинейно-оптических процессов в наноразмерных системах.

4. Фотонные кристаллы в оптике

Размерность фотонных кристаллов. Методы формирования фотонных кристаллов. Фотонные запрещенные зоны. Основы теории фотонных кристаллов. Распространение излучения в фотонных кристаллах. Моделирование распространения света в периодических и квазипериодических фотонных структурах. Нелинейно-оптические явления: самофокусировка в периодических структурах, параметрическое взаимодействие световых волн, вынужденные рассеяния света. Устройства на основе фотонных кристаллов.

5. Радиофотоника

Сверхвысокочастотная оптоэлектроника. Перспективы использования методов и средств микроволновой фотоники в сверхширокополосной радиолокации и сверхширокополосной радиосвязи. Реализация сверхширокополосных аналоговых процессоров диапазона СВЧ с использованием методов и средств радиофотоники.

6. Оптоэлектронные устройства

Устройства, предназначенные для преобразования света в электрический ток (фотосопротивления (фоторезисторы), фотодиоды (рпн, лавинный), фототранзисторы, фототиристоры, пироэлектрические приёмники, приборы с зарядовой связью (ПЗС), фотоэлектронные умножители (ФЭУ)). Светоизлучающие диоды. Приборы, управляющие излучением (модуляторы, дефлекторы и др.). Приборы для электрической изоляции — оптроны.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Основы физики и техники ускорения заряженных частиц

Цель дисциплины:

получение базовых знаний в области физики и техники ускорения заряженных частиц.

Задачи дисциплины:

изучение основ физики и техники ускорения заряженных частиц, приобретение навыков использования полученных знаний в исследовательской работе, в том числе в области ускорителей, физики атомного ядра и элементарных частиц; приобретение знаний о состоянии и перспективах развития ускорительной техники; приобретение навыков применения полученных знаний в смежных и междисциплинарных научных областях; оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных теоретических и ориентированных на практическое применение исследований в области ускорителей заряженных частиц.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики;
- порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;
- современные проблемы физики и математики;
- общие подходы к решению прикладных и теоретических задач физики и техники ускорителей;
- основные положения и методы ускорения заряженных частиц, применяемые для создания различных ускорителей.

уметь:

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;

- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
- оценивать значения параметров ускорителей и иных электрофизических установок различного назначения;
- использовать полученные знания и имеющиеся методы решения задач экспериментальной физики для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов в области физики и техники ускорения заряженных частиц.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
- навыками теоретического анализа реальных задач, связанных с созданием ускорителей заряженных частиц для фундаментальных, прикладных и медицинских исследований.

Темы и разделы курса:

1. История ускорительной физики и техники и основные принципы ускорения заряженных частиц.

Основные этапы развития ускорителей. График Ливингстона. Физические основы и базовые технические принципы ускорения заряженных частиц. Высоковольтное ускорение. Индукционное ускорение. Резонансное ускорение. Ускорение равновесной частицы и условия Векслера.

2. Принцип автофазировки.

Фазовая устойчивость. Синхротронные колебания. Сепаратрисса. Эффективная масса и переходная энергия.

3. Поперечная устойчивость и фокусировка пучка частиц.

Бетатронные колебания. Слабая и сильная фокусировка. Критерий устойчивости. Фокусирующие системы и их особенности.

4. Основы динамики пучка частиц.

Эмиттанс пучка и акцептанс ускорителя. Теорема Лиувилля. Согласование пучка. Влияние ускоряющего поля на фокусировку.

5. Возмущения и допуски в циклических ускорителях.

Резонансы бетатронных колебаний. Синхротронные колебания при наличии возмущений.

6. Синхротронное излучение.

Мощность и спектр. Влияние на синхротронные и бетатронные колебания. Квантовые флуктуации.

7. «Вставные» устройства на источниках синхротронного излучения.

Четыре поколения «вставных» устройств: спектр, мощность, яркость. Нулевое поколение источников синхротронного излучения.

8. Высоковольтные линейные ускорители.

Источник частиц. Ускорительная трубка. Высоковольтный источник. Тандемный электростатический ускоритель.

9. Индукционные ускорители.

Бетатрон. Правило 2:1. Линейный индукционный ускоритель. Прикладное использование.

10. Циклические резонансные ускорители.

Циклотроны. Микротрон. Синхротроны. Кольцевой фазотрон. Серпантинное ускорение.

11. Накопление и охлаждение пучков.

Коллайдеры. Светимость. Радиационное затухание. Эффект Тушека. Стохастическое, электронное, ионизационное, лазерное охлаждение пучков.

12. Пространственный заряд пучка.

Коллайдеры. Светимость. Радиационное затухание. Эффект Тушека. Стохастическое, электронное, ионизационное, лазерное охлаждение пучков.

13. Коллективные эффекты пространственного заряда пучка.

Поле изображения пучка. Кильватерные поля. Микроволновая неустойчивость. Электронное облако. Затухание Ландау.

14. Линейные резонансные ускорители.

Диафрагмированный волновод. Трубки дрейфа. Структура с шайбами и диафрагмами. Основные физико-технические параметры линейных резонансных ускоряющих структур.

15. Особенности электродинамики в линейных резонансных ускорителях.

Высокочастотная квадрупольная фокусировка. Клистронная группировка. Нагрузка током пучка. Нормально- и сверхпроводящие ускоряющие структуры.

16. Приборы и методы диагностики пучка.

Цилиндры Фарадея. Индукционные датчики тока. Профилометры. Датчики положения пучка. Энергетические спектрометры. Измерители эмиттанса.

17. Проектирование и моделирование диагностических устройств

Программы Solidworks и COMSOL Multiphysics. Метод конечных элементов. Компьютерная разработка прибора на примере измерителя формы сгустков.

18. Безопасность на ускорителях

Радиационная безопасность и дозиметрия. Электробезопасность. Оказание первой помощи пострадавшим.

19. Пределы и перспективы ускорительной физики

Текущие ограничения и новые методы ускорения частиц: от Фермитрона к лазерному и плазменному ускорению.

20. Ускорители для науки и общества

Области применения ускорителей и ускорительных технологий. Нужны ли Вам ускорители, если Вы не ученый?

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Основы физики лазеров

Цель дисциплины:

- формирование у студентов полной картины физических основ лазеров, а также понимания принципов работы лазерных систем. В курсе будут рассмотрены вопросы, касающиеся свойств лазерного излучения, взаимодействия атомов с электромагнитным излучением, оптических резонаторов, основных вопросов теории лазеров. Программа курса составлена с учетом знаний и навыков, которыми обладают студенты 4 курса ЛФИ.

Задачи дисциплины:

- закрепление и углубление у студентов базовых знаний в области квантовой оптики, формирование базовых знаний в области описания физических процессов, лежащих в основе работы лазеров;
- формирование у студентов базовых знаний в области физики лазеров, гауссовой оптики и теории оптических резонаторов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- принципы и физические основы теории лазеров: методы накачки, принципы усиления излучения в активной среде, электронные схемы, используемые для создания инверсной населенности, основы лазерной генерации;
- принципы и физические основы взаимодействия атомов с электромагнитным излучением;
- основы и принципы создания оптической обратной связи, свойства и характеристики оптических резонаторов, методы расчета кольцевых оптических резонаторов и резонаторов Фабри-Перо;
- основы оптики гауссовых пучков: распространение и преобразование гауссовых пучков, астигматичные и обобщенные гауссовы пучки.

уметь:

- уметь рассчитывать простейшие лазерные системы; уметь рассчитывать кольцевые оптические резонаторы и резонаторы Фабри-Перо с учетом потерь и согласования связи;

- уметь рассчитывать частотные моды резонаторов;
- уметь оценивать спектральную ширину атомных линий в условиях влияния различных внешних факторов на атомную среду;
- уметь решать балансные уравнения и учитывать эффекты насыщения при оценке пороговых значений лазерной генерации.

владеть:

- методами описания параметров лазерного излучения, методами расчета взаимодействия атомной среды с электромагнитным излучением, методами описания оптических резонаторов, методами преобразования гауссовых пучков.

Темы и разделы курса:

1. Введение

Свойства лазерного излучения: монохроматичность, когерентность, направленность, интенсивность. Принцип работы лазера. Инверсная населенность. Вынужденное излучение и поглощение. Обратная связь. Активная среда.

2. Взаимодействие простых атомных систем с электромагнитным излучением

Понятие фотона. Спонтанное излучение. Двухуровневая система. Оптические уравнения Блоха. Матрица плотности. Релаксация когерентно возбужденных атомных систем. Ширины и профили спектральных линий. Испускание света атомами. Безызлучательные переходы и передача энергии.

3. Теория лазера

Накачка и инверсная населенность. Усиление в активной среде. Эффекты насыщения. 3-х и 4-х уровневые схемы. Основы лазерной генерации: выходная мощность, затягивание частоты, порог осцилляции.

4. Оптические резонаторы

Резонатор Фабри-Перо. Матрица рассеяния. Одномерный резонатор Фабри-Перо Резонатор с потерями. Согласование связи. Критерий устойчивости резонатора. Гауссовы пучки. Гауссов пучок в свободном пространстве. Преобразование гауссовых пучков. Астигматические и обобщенные гауссовы пучки.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Основы физической оптики

Цель дисциплины:

дать студентам базовые знания в области современной оптики. Курс ориентирован в основном на подготовку физиков-экспериментаторов, которые могут использовать лазерное излучение для проведения исследований.

Задачи дисциплины:

ознакомить студентов с основными эффектами воздействия света на среды и основными явлениями при распространении лазерных пучков. При этом слушатели получают необходимые сведения для проведения собственных оценок и расчетов оптических эффектов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- перечень основных механизмов взаимодействия света со средами;
- классификацию эффектов взаимодействия света со средами;
- основные методы количественного описания оптических эффектов;
- основные примеры использования оптических явлений в современной лазерной технике и аппаратуре.

уметь:

- оценивать эффекты преобразования света в реальных лазерных установках и приборах;
- выявлять доминирующие механизмы в конкретных условиях работы лазерных установок и приборов;
- предлагать меры по устранению либо усилению оптических эффектов.

владеть:

- методами оценок и количественного анализа явлений в оптических лазерных установках и приборах;

- приемами практического управления лазерными установками и оптическими измерительными схемами.

Темы и разделы курса:

1. Формирование показателя преломления сред

Показатель преломления формируется как результат испускания вторичных волн, когерентных с падающим излучением.

2. Строгая теория дифракции

Сведение строгой теории дифракции Кирхгофа к принципу Гюйгенса-Френеля происходит при определенных приближениях.

3. Дифракция в оптических приборах

Обоснование разрешающей способности спектральных приборов дифракционными законами.

4. Интерференция света

Универсальность явления интерференции. Проявления в линейной и нелинейной оптике.

5. Когерентность лазерного излучения

Отличие лазерного излучения от традиционных источников. Число объемов когерентности источника.

6. Дифракционные решетки

Количественные соотношения для пучков дифракции. Решетки в спектральных приборах.

7. Модуляторы и дефлекторы света

Принцип модуляции света в акусто-оптике и в электро-оптике.

8. Принцип голографии

Голография как метод тестирования вибраций и деформаций.

9. Рассеяние света

Связь явлений рассеяния с неоднородностями среды.

10. Параметрическое излучение

Двухфотонный элементарный акт испускания в процессе параметрического излучения.

11. Методы фотоприема

Описание прямого фотоприема и методов когерентного фотоприема: гетеро- и гомодинирования.

12. Оптические световоды

Разложение распространяющегося излучения на моды световода. Расчет параметров распространения.

13. Световой импульс в дисперсионной среде

Понятие фазовой и групповой скоростей излучения. Эффект преобразования формы импульса в среде с дисперсией.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Основы финансово-экономического анализа и планирования

Цель дисциплины:

- знакомство слушателей с методами финансовых расчетов для повышения уровня их финансовой грамотности;
- формирование навыков анализа финансово-экономических проблем на микро- и макроуровнях;
- приобретение навыков принятия обоснованных экономических решений в областях жизнедеятельности.

Задачи дисциплины:

В результате изучения курса студент должен:

- знать основные результаты финансовых аспектов микро- и макроэкономической теории;
- обладать навыками экономического моделирования для принятия обоснованных экономических решений.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- ключевые положения разделов микро- и макроэкономической теории, связанных с финансовым анализом, а также иметь представление о возможностях применения теории для анализа финансово-экономических последствий принимаемых решений;

уметь:

- моделировать и анализировать ситуации с использованием микро- и макроэкономического финансового инструментария, а также интерпретировать полученные результаты;

владеть:

- логикой экономического анализа и подходами к решению финансово-экономических задач.

Темы и разделы курса:

1. Основы финансовой грамотности индивида

Эффективность вложения свободных средств в банковский сектор: депозитные вклады, процентные ставки. Альтернативные варианты вложения денег (облигации, акции, векселя). Дисконтирование как инструмент финансовых вычислений.

Поведение индивида в условиях неопределенности. Задача формирования оптимального портфеля инвестиций. Модель спроса на страховку.

Функция полезности потребителя. Построение функции полезности на основе кривых безразличия. Примеры функций полезности для основных типов предпочтений.

Выбор потребителя. Задача максимизации полезности при бюджетном ограничении. Функции спроса.

Концепция выявленного предпочтения. Слабая аксиома выявленных предпочтений.

2. Макроэкономические аспекты финансовой деятельности

Современные финансовые рынки. Рынки капиталов и денежные рынки. Инструменты финансовых рынков. Мировые финансовые центры и биржи.

Спрос на деньги и предложение денег. Денежная масса (агрегаты M_0 , M_1 , M_2 , M_3). Создание депозитов в банковской системе. Денежный мультипликатор. Банки и банковская система. Банки в эпоху глобализации и цифровой экономики. Центральный банк и его функции.

Инструменты влияния государства на предложение денег (операции на открытом рынке, изменение ключевой ставки процента, изменение нормы резервирования). Современные тенденции на финансовых рынках: Биткойны.

Инфляция: причины, ее виды и влияние на экономику потребления и экономику развития. Валютные курсы: как они формируются и их влияние на экономическую динамику. Проблема оттока капитала для РФ.

3. Государственное регулирование экономики и финансов

ВВП как сумма доходов экономических субъектов. Инвестиции и сбережения. Бюджетный дефицит. Равновесный уровень ВВП. Мультипликаторы Кейнса.

Государственный бюджет РФ: источники пополнения и направления расходования.

Налоги и другие обязательные платежи.

Модели экономики для демонстрации последствий принимаемых решений государства. Модель AD-AS (замкнутая экономика). Формула торгового сальдо страны. Платежный баланс. Модель IS-LM-VP (открытая экономика).

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Основы экспериментальной спектроскопии

Цель дисциплины:

Освоение студентами фундаментальных знаний в области экспериментальных методов и приборов, используемых в научно-исследовательской работе в области оптики и спектроскопии, изучение способов создания лабораторных установок и с их помощью методов исследования физических процессов в конденсированном, газообразном состоянии вещества и плазмы, а также областей их практического применения.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области оптических и спектральных измерений как дисциплины, интегрирующей общефизическую и общетеоретическую подготовку физиков и обеспечивающей технологические основы современных инновационных сфер деятельности;
- обучение студентов принципам создания оптических, лазерных, спектральных и электронно-пучковых устройств, выявление особенностей их функциональных характеристик;
- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области оптических и фотоэлектронных измерений в рамках выполнения работ в лабораториях базовых предприятий;
- приобретение навыков применения полученных знаний в смежных и междисциплинарных научных областях.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

фундаментальные идеи, явления и методы, лежащие в основе спектроскопии ИК, видимого и УФ диапазонов спектра;

общие подходы к решению прикладных и теоретических оптики и спектроскопии.

уметь:

абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;

пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных, прикладных задач и технологических задач;

делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;

производить численные оценки по порядку величины;

делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;

видеть физическое содержание в технических задачах

осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;

получать наилучшие значения параметров спектральных и иных электрофизических установок различного назначения и правильно оценивать степень их достоверности;

эффективно использовать полученные знания, имеющиеся методы решения задач экспериментальной физики для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

навыками освоения большого объема информации;

навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;

культурой постановки и моделирования физических задач;

навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;

практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;

навыками теоретического анализа реальных задач, связанных с созданием современного спектрального оборудования и навыками прикладных и медицинских исследований

Темы и разделы курса:

1. Объекты, цели и особенности спектроскопии ИК, видимого и УФ диапазонов электромагнитного спектра

Объекты и цели спектроскопии. Спектры и спектральные изображения. Шкала электромагнитных волн (10 мкм – 1000 Å, или 1 эВ – 10 эВ). Оптические материалы, диспергирующие элементы и отражатели для ИК, видимого и УФ диапазонов. Единицы измерения длины, времени и энергии.

2. Основные понятия и характеристики спектральных приборов с пространственным разложением излучения в спектр

Спектральная фокальная кривая. Линейная и угловая дисперсия, теоретическая и практическая разрешающая способность и т.п. Виды аппаратной функции (лоренцовский контур, гауссовский контур, контур Фойгта и т.п.). Угловое увеличение. Нормальная ширина щели. Стигматические и астигматические приборы. Аберрации.

3. Призмённые спектральные приборы

Виды призм. Угловое увеличение, угловая дисперсия и разрешающая способность системы призм. Призмённые спектральные приборы. Кривизна спектральных линий. Оптические материалы, используемые для изготовления призм.

4. Плоская дифракционная решетка

Уравнение, угловая дисперсия и разрешающая способность плоской ДР. Автоколлимационная схема с плоской ДР. Угловое увеличение. Типы штриха. Угол блеска. Спектральные приборы с плоской ДР. Схема Черни–Тёрнера.

5. Вогнутая дифракционная решетка

Метод функции оптической длины пути. Уравнения ДР. Уравнения для горизонтального (спектрального) и вертикального фокусов. Схема Роуланда. Аберрации и оптимальная ширина решетки. Схема Водсворта. Коническая дифракция.

6. Интерферометры

Интерферометр Фабри–Перо. Область свободной дисперсии, угловая дисперсия и разрешающая способность интерферометра Фабри–Перо. Моды резонатора Фабри–Перо. Интерференционные светофильтры. Пластика Люммера–Герке. Интерферометр Маха–Цандера.

7. Метод интерференционных полос равного хроматического порядка и его применение

Метод РХП. Измерение малых ($\sim 1\text{--}10 \text{ \AA}$) толщин. Рассеяние света на шероховатостях. Требования к шероховатостям оптических поверхностей в различных диапазонах спектра. Измерение шероховатостей оптических поверхностей методом РХП.

8. Детекторы излучения

Детекторы ИК, видимого и УФ излучения. Детекторы с внутренним и внешним фотоэффектом. Фотосопротивление, калориметр, ячейка Голея. Регистрация излучения с высоким временным и пространственным разрешением. Абсолютные измерения мощности и энергии.

9. Квантование излучения

Плотность осцилляторов поля. Квантование излучения. Сечение поглощения. Коэффициент поглощения/усиления. Инверсная заселенность. Усиленное спонтанное излучение (ASE). Сужение спектральной линии при ASE

10. Лабораторные источники излучения. Лазеры

Лабораторные источники излучения в ИК, видимой и УФ областях спектра. Типы лазеров и режимы работы. Перестройка частоты. Фемтосекундные лазеры на основе кристаллов Ti:сапфир. Частотная фемтосекундная "гребенка."

11. Лазерная спектроскопия

Однородная и неоднородная ширина линии. Естественная и доплеровская ширины линий. Абсорбционная линейная лазерная спектроскопия. Внутррезонаторная, оптико-акустическая и флуоресцентная лазерная спектроскопия. LIDAR.

12. Элементы нелинейной оптики

Эксперимент С.И.Вавилова и термин "нелинейной оптика." Восприимчивости вещества разного порядка. Генерация гармоник (I – V). Генерация суммарных и разностных частот, "выпрямление" световых колебаний. Четверть- и полуволновые пластинки, поляризаторы, фильтр Лио, вращение плоскости поляризации.

13. Нелинейная лазерная спектроскопия

Нелинейная лазерная спектроскопия без доплеровского уширения. Насыщение поглощения. Провалы Беннета, провал Лэмба. Стабилизация частоты лазера.

14. Двухфотонная спектроскопия

Схема эксперимента по двухфотонной спектроскопии. Измерение метастабильного уровня $2S_{1/2}$ атома водорода. Нобелевская лекция Теодора Хёнша.

15. Комбинационное рассеяние света. Фурье-спектроскопия

Спонтанное и вынужденное комбинационное рассеяние (ВКР). Комбинационное рассеяние в дисперсной (рассеивающей) среде. Повышения яркости излучения и ВКР-лазеры. Комбинационное антистоксово рассеяние света (КАРС). КАРС- спектроскопия. Фурье-спектроскопия и регистрация Фурье-спектра.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Основы экспериментальной физики элементарных частиц

Цель дисциплины:

Курс лекций «Основы экспериментальной физики элементарных частиц» знакомит студента с основными методами регистрации элементарных частиц, экспериментальными установками и наиболее важными результатами, полученными в области физики элементарных частиц. Он создает необходимую базу для понимания и дальнейшего более глубокого изучения этой области науки и возможности научной работы в экспериментальной физике частиц и физике высоких энергий.

Задачи дисциплины:

- формирование знаний по современным детекторам и методам регистрации частиц;
- формирование знаний по разработке и постановке современных лабораторных и ускорительных экспериментов;
- формирование знаний по основным результатам, полученным в экспериментах, тенденциям развития современной методики эксперимента.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

содержание предмета курса «Основы экспериментальной физики элементарных частиц», соответствующую терминологию и понятийный аппарат. Иметь представление об истории создания различных детекторов, особенностях регистрации элементарных частиц, основных параметрах детекторов, применяемых в современной физике высоких энергий. Понимать логику построения современной крупной установки из элементарных частей. Основные эксперименты и полученные результаты в области физики частиц и высоких энергий.

уметь:

продемонстрировать необходимость применения каждого конкретного детектора в данной большой установке, объяснить, чем определяется его выбор, пояснить принцип действия детекторов. Уметь оценивать основные источники фонов и понимать методы их подавления в конкретных экспериментах.

владеть:

методами и детекторами для регистрации элементарных частиц, способами оценки параметров детекторов, моделированием различных процессов и детекторов частиц, используемых в современных исследованиях.

Темы и разделы курса:

1. Введение. Классификация частиц. Фундаментальные симметрии.

Представлена классификация элементарных частиц. Рассмотрены фундаментальные фермионы, бозоны. Обуждаются фундаментальные взаимодействия и дискретные симметрии С,Р,Т, СР и СРТ.

2. Взаимодействие заряженных и нейтральных частиц с веществом. Электромагнитные, сильные, слабые взаимодействия.

Рассмотрены физические процессы взаимодействия различных частиц с веществом за счет электромагнитных, сильных и слабых взаимодействий. Подробно рассмотрено прохождение заряженных частиц через вещество, взаимодействие фотонов с веществом в широком диапазоне энергий, взаимодействие нейтрино с нуклонами и ядрами.

3. Сцинтилляции, Черенковское излучение. Сцинтилляционные и Черенковские детекторы. Использование детекторов в современных экспериментах.

Рассматриваются механизмы сцинтилляций в органических и неорганических сцинтилляторах. Обсуждаются методы регистрации сцинтилляций различными фотоприемниками. Рассмотрена физическая природа Черенковского излучения, различные Черенковские детекторы и их применение в экспериментальных установках.

4. Ионизационные и газовые детекторы. Пропорциональные, дрейфовые и время-проекционные камеры.

Излагаются физические процессы регистрации заряженных частиц в газовых детекторах. Рассмотрены принципы работы пропорционального счетчика.

5. Полупроводниковые детекторы. Оптоволоконные детекторы.

Рассмотрены принципы действия полупроводниковых детекторов и приведены их основные параметры. Представлены современные оптоволоконные детекторы, спектросмещающие волокна и их использование в экспериментальных установках.

6. Электромагнитные и адронные калориметры.

Рассматриваются основные принципы регистрации гамма-квантов высокой энергии, структура электромагнитного ливня, однородные и дискретные калориметры. Излагаются базовые принципы создания адронных калориметров.

7. Нарушение Р-четности в слабых взаимодействиях.

Подробно рассмотрен эксперимент Ву, в котором было обнаружено нарушение пространственной четности. Также рассматривается эксперимент по измерению нарушения Р-четности в распадах остановленных мюонов.

8. Экспериментальное обнаружение нейтрино, измерение спиральности нейтрино.

Анализируется первое экспериментальное обнаружение нейтрино в реакторном эксперименте. Подробно рассмотрен эксперимент Гольдхабера по измерению спиральности нейтрино, который однозначно измерил левую спиральность нейтрино. Обсуждается ускорительный эксперимент, в котором были обнаружены мюонные нейтрино.

9. Открытие CP нарушения в распадах каонов и B-мезонов.

Подробно рассмотрено экспериментальное обнаружение нарушения CP инвариантности в распадах нейтральных каонов. Представлены эксперименты на B-фабриках, в которых было обнаружено CP нарушение в распадах B-мезонов. СКМ матрица

10. ГИМ механизм. Открытие с-кварка, открытие тау лептона.

Слабые распады каонов, распад нейтрального каона на два мюона. Странность, ГИМ механизм, открытие с-кварка. Открытие тау-лептона.

11. Нейтральные токи. Открытие W и Z бозонов. Их свойства, три типа нейтрино.

Открытие нейтральных токов, экспериментальное обнаружение промежуточных W и Z бозонов. Электрослабая модель. Измерение распадов Z-бозонов, три типа активных нейтрино.

12. Методы регистрации нейтрино.

Экспериментальные методы регистрации нейтрино. Радиохимические методы, сцинтилляционные и черенковские детекторы. Критерии отбора событий, основные методы подавления фона.

13. Открытие осцилляций нейтрино в экспериментах с солнечными и атмосферными нейтрино.

Детектирование солнечных нейтрино радиохимическими методами, сцинтилляционными и черенковскими детекторами. Открытие осцилляций нейтрино в эксперименте с тяжелой водой SNO. Регистрация атмосферных нейтрино подземными детекторами, открытие осцилляций в эксперименте СуперКамиоканде.

14. Ускорительные нейтринные эксперименты.

Исследование нейтринных осцилляций в ускорительных экспериментах с длинной базой. Эксперименты K2K, MINOS. Пучки мюонных нейтрино, смещенный от оси нейтринный пучок. Эксперименты T2K и NOvA. Измерение нейтринных сечений.

15. Исследование свойств элементарных частиц в экспериментах на адронных и электронных коллайдерах.

Электронные и протонные коллайдеры. Эксперименты на B фабриках, открытие Хиггсовского бозона на Большом адронном коллайдере. Поиск новой физики за рамками Стандартной Модели. Заключение.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Основы экспериментальных методов физики высоких энергий

Цель дисциплины:

Целью данной дисциплины является овладение основами экспериментальных методов, применяемых в исследованиях частиц высоких энергий. Рассматриваются процессы взаимодействия излучения с веществом, принципы работы детекторов частиц. Курс является вводным для студентов, специализирующихся в экспериментальной физике высоких энергий.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся базовых знаний по экспериментальным методам физики высоких энергий;
- формирование умений и навыков применять полученные знания для проведения экспериментальных исследований физики высоких энергий.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- содержание предмета курса “Основы экспериментальных методов физики высоких энергий”, соответствующую терминологию и понятийный аппарат, а также основные методы статистического анализа и существующие проблемы.

уметь:

- эффективно применять вышеуказанные знания на практике для решения фундаментальных и прикладных научных задач в области физики высоких энергий.

владеть:

- современными методами экспериментальных исследований взаимодействия излучения с веществом;
- математическим и понятийным аппаратом;

- методами обработки экспериментальных данных.

Темы и разделы курса:

1. Ионизационные потери. Распределение ионизационных потерь. Черенковское излучение. Переходное излучение. Многократное рассеяние.

Лекция 1. Ионизационные потери

ИП как основной механизм детектирования частиц. Модель Ферми для ИП. Формула Бете-Блоха. Понятие MIP. Эффект плотности. Плато Ферми. Ограниченные потери.

Лекция 2. Распределение ионизационных потерь

Средние потери и их флуктуации. Спектр электронов отдачи. Распределения Ландау и Гаусса.

Лекция 3. Черенковское излучение.

ЧИ как интерференционный эффект. Пороговый характер ЧИ. Кинематическая интерпретация ЧИ. Характеристики ЧИ. ЧИ как часть ионизационных потерь. Идентификация частиц посредством регистрации ЧИ.

Лекция 4. Переходное излучение.

Оптическое и рентгеновское ПИ. ПИ от границы раздела сред. ПИ от фольги и щели. ПИ от регулярной структуры. Насыщение ПИ. Идентификация частиц посредством регистрации РПИ.

Лекция 5. Многократное рассеяние.

Однократное и многократное рассеяния. Понятие радиационной длины. Угловое распределение в рассеянии.

2. Тормозное излучение. Рождение электрон-позитронных пар. Электромагнитный каскад. Синхротронное излучение.

Лекция 6. Тормозное излучение.

ТИ в поле ядра. Длина экранировки. Критическая энергия. Рождение электрон-позитронных пар g-квантом в поле ядра. Формула Бете-Гайтлера для ТИ. Эффект ЛПМ.

Лекция 7. Рождение электрон-позитронных пар.

Пороговый характер рождения пар. Связь рождения пар с тормозным излучением. Формула Бете-Гайтлера для рождения пар.

Лекция 8. Электромагнитный каскад.

Модель каскада. Приближение Росси. Продольная форма каскада. Радиус Мольера.

Лекция 9. Синхротронное излучение.

Характеристики СИ. Пример коллайдера LEP.

3. Взаимодействие низкоэнергичных g -квантов с веществом. Взаимодействие мюонов высоких энергий с веществом. Взаимодействие адронов с веществом.

Лекция 10. Взаимодействие низкоэнергичных g -квантов с веществом.

Комптоновское рассеяние. Фотоэффект. Рэлееское рассеяние

Лекция 11. Взаимодействие мюонов высоких энергий с веществом.

Лекция 12. Взаимодействие адронов с веществом.

Общие характеристики взаимодействия: сечение, неупругость, множественность, поперечный импульс. Ядерный каскад.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Основы электронных измерений в эксперименте

Цель дисциплины:

- Знакомство с простейшей элементной базой электроники (транзисторами, операционными усилителями), теорией обратной связи;
- приобретение навыков собственноручной сборки работающих приборов: усилителей, генераторов, сумматоров и проч.;
- освоение современных практик сбора данных и повышение качества собираемых в физическом эксперименте данных;
- освоение программного обеспечения, моделирующего работу электрических схем.

Задачи дисциплины:

- Развитие навыков планирования и подготовки научного эксперимента, навыков экспериментальной работы, а также обработки и представления получаемых экспериментальных результатов;
- расширение представлений студентов об окружающей технике и снятие часто присутствующих у людей комплексов страха перед электроникой.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

1. Основные теоремы, применяемые для анализа электрических схем.
2. Основные типы элементов, которые применяются при проектировании электрических схем: резисторы, конденсаторы, индуктивности, транзисторы, операционные усилители.
3. Простейшие схемы с применением операционных усилителей.

уметь:

1. Анализировать цепи постоянного тока.
2. Анализировать цепи переменного тока.
3. Построить усилитель на определенном типе транзистора.

4. Рассчитать АЧХ схемы с реальным операционным усилителем.

владеть:

1. Понятийным аппаратом на уровне, достаточном для обсуждения и решения задач в области схемотехники и электротехники.
2. Программным обеспечением для анализа электрических схем.

Темы и разделы курса:

1. Анализ цепей по постоянному току.

Законы Кирхгофа. Теорема Тевенина. Теорема Нортонa. Устройство цифрового мультиметра.

2. Анализ цепей по переменному току.

Индуктивность, емкость. Линейные системы, принцип суперпозиции. Аналого-частотная характеристика, фазо-частотная характеристика. Неидеальность элементов схем. Моделирование аналоговых цепей в LTspice.

3. Полупроводниковые приборы.

Диод. Стабилитрон. Биполярный транзистор. Режим малого сигнала. Усилитель на биполярном транзисторе. Источник питания на стабилитроне.

4. Токовое зеркало. Полевой транзистор.

Усилитель на полевом транзисторе. Транзистор в ключевом режиме. Управление нагрузкой с помощью полевого или биполярного транзистора.

5. Идеальный операционный усилитель(ОУ).

Простейшие схемы на ОУ: усилитель, сумматор, логарифмический усилитель.

6. Неидеальный операционный усилитель.

Характеристики неидеального ОУ. Инструментальный ОУ.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Первопринципные методы расчёта оптических свойств материалов

Цель дисциплины:

формирование представления об особенностях вычислений в многоэлектронных системах.

Задачи дисциплины:

знакомство с методологией расчетов, понимание ограничений и границ применимости различных подходов. Знакомство с понятием элементарных возбуждений в системе, корреляционной энергии. Представление об оптических возбуждениях в системе многих электронов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

понятие корреляционной энергии, концепции элементарных возбуждений в системе многих электронов.

уметь:

оценивать эффекты электрон-электронного взаимодействия, оценивать влияние многоэлектронных эффектов на оптические свойства системы.

владеть:

основами методологии численных методов в системах многих электронов.

Темы и разделы курса:

1. Теория среднего самосогласованного поля.

Введение. Постановка задачи. Теория среднего самосогласованного поля. Уравнения Хартри и Хартри-Фока. Теория функционала электронной плотности. Основные ограничения указанных подходов.

2. Экранировка кулоновского взаимодействия и плазмоны в металлах.

Приближение Хартри-Фока как первый порядок теории возмущений. Экранировка кулоновского взаимодействия в электронном газе. Дальнодействие кулоновского взаимодействия. Длинноволновые возмущения плотности, плазмоны и приближение RPA.

3. Электронно-оптические возбуждения.

Спаривание э-м волны с поверхностными плазмонами. Квазичастица SPP. Surface Plasmon Polariton. Поверхностные плазмоны на структурированной поверхности.

4. Many-Body Perturbation Theory.

Функция Грина и азы диаграммной техники. Диаграммное разложение функции Грина.

5. Численные пакеты для расчетов в рамках метода среднего самосогласованного поля и за его пределами.

Quanyum Espresso, VASP, BerkeleyGW, Octopus.

6. Функция Грина.

Свободная функция Грина. Полная функция Грина. Ур-е Дайсона. Собственно-энергетическая часть. Вершинная часть. Спектральное представление функции Грина. Квазичастичное описание электронной системы.

7. Типовые диаграммы в твердом теле. Метод GW.

Уравнения Хедина. Метод GW. Приближение плазменного полюса.

8. Отклик системы.

Определение. Причинность. Соотношения Крамерса-Кронига. Функция отклика системы.

9. Метод DFT+U.

"Переделокализация" электронов в DFT. Моттовские изоляторы. Модель Хаббарда. DFT+U (LDA+U).

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Первопринципные методы расчёта оптических свойств материалов

Цель дисциплины:

формирование представления об особенностях вычислений в многоэлектронных системах.

Задачи дисциплины:

знакомство с методологией расчетов, понимание ограничений и границ применимости различных подходов. Знакомство с понятием элементарных возбуждений в системе, корреляционной энергии. Представление об оптических возбуждениях в системе многих электронов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

понятие корреляционной энергии, концепции элементарных возбуждений в системе многих электронов.

уметь:

оценивать эффекты электрон-электронного взаимодействия, оценивать влияние многоэлектронных эффектов на оптические свойства системы.

владеть:

основами методологии численных методов в системах многих электронов.

Темы и разделы курса:

1. Теория среднего самосогласованного поля.

Введение. Постановка задачи. Теория среднего самосогласованного поля. Уравнения Хартри и Хартри-Фока. Теория функционала электронной плотности. Основные ограничения указанных подходов.

2. Экранировка кулоновского взаимодействия и плазмоны в металлах.

Приближение Хартри-Фока как первый порядок теории возмущений. Экранировка кулоновского взаимодействия в электронном газе. Дальнодействие кулоновского взаимодействия. Длинноволновые возмущения плотности, плазмоны и приближение RPA.

3. Электронно-оптические возбуждения.

Спаривание э-м волны с поверхностными плазмонами. Квазичастица SPP. Surface Plasmon Polariton. Поверхностные плазмоны на структурированной поверхности.

4. Many-Body Perturbation Theory.

Функция Грина и азы диаграммной техники. Диаграммное разложение функции Грина.

5. Численные пакеты для расчетов в рамках метода среднего самосогласованного поля и за его пределами.

Quanyum Espresso, VASP, BerkeleyGW, Octopus.

6. Функция Грина.

Свободная функция Грина. Полная функция Грина. Ур-е Дайсона. Собственно-энергетическая часть. Вершинная часть. Спектральное представление функции Грина. Квазичастичное описание электронной системы.

7. Типовые диаграммы в твердом теле. Метод GW.

Уравнения Хедина. Метод GW. Приближение плазменного полюса.

8. Отклик системы.

Определение. Причинность. Соотношения Крамерса-Кронига. Функция отклика системы.

9. Метод DFT+U.

"Переделокализация" электронов в DFT. Моттовские изоляторы. Модель Хаббарда. DFT+U (LDA+U).

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Перестраиваемая нанофотоника

Цель дисциплины:

Основной целью курса является ознакомление студентов с рядом актуальных направлений исследований по их будущей специальности, формирование базовых представлений по современным направлениям фотоники, исследовательских навыков и способности применять их на практике.

Задачи дисциплины:

- Обзор актуальных направлений исследований в области нанофотоники, плазмоники, оптики искусственных сред.
- Активизация познавательного и исследовательского интереса учащихся.
- Расширение научного кругозора студентов по актуальным разделам современных исследований в области нанофотоники, оптики гибридных наносистем и метаматериалов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Основные понятия нанофотоники.
- Свойства и применения фотонных кристаллов.
- Понятие о метаматериалах. Примеры и применения метаматериалов.
- Оптические свойства металлов.
- Свойства, методы возбуждения и применения поверхностных и локализованных плазмонов.
- Оптические свойства диэлектрических и полупроводниковых наноструктур.
- Основные прямые и обратные магнитооптические эффекты и материалы.
- Микромагнитную природу магнитооптического взаимодействия.
- Магнитоплазмонные эффекты.
- Применения магнитофотонных структур.
- Основные понятия акустооптики и оптоакустики.

уметь:

- Применять метод комплексных амплитуд.
- Анализировать спектры оптического отклика наноструктур.
- Получать аналитические выражения для дисперсии оптических мод, распределения полей и условий возбуждения оптических мод.
- Получать из уравнений Максвелла выражения для магнитооптических эффектов и магнитоплазмонных волн.

владеть:

- Основными понятиями нанофотоники.
- Методами анализа и расчета оптических свойств наноструктур.
- Навыками поиска и анализа современной научной информации по специальности.

Темы и разделы курса:

1. Введение.

(Д.О. Игнатъева)

Уравнения Максвелла и материальные уравнения для разных типов сред.

Связь пространственно-временного и спектрального представления. Импульс и его спектр. Формирование фемтосекундных и предельно-коротких импульсов. Прохождение импульса через диспергирующую среду. Чирпированные импульсы. Суперконтинуум. Оптические частотные гребенки. Оптический пучок и его угловой спектр, дифракция, фокусировка и оптический предел. Оптические вихри и недифрагирующие пучки.

2. Фотонные кристаллы.

(Д.О. Игнатъева)

Геометрия Брэгга и геометрия Лауэ. Теорема Блоха. Зона Бриллюэна. Дисперсионные диаграммы. Приближение пустой решетки. Запрещенные зоны. Распространение волн внутри фотонных кристаллов. Медленный свет. Дефектные моды.

Таммовские состояния. Нелинейные оптические эффекты в фотонных кристаллах. Применения фотонных кристаллов.

3. Оптика метаматериалов.

(Д.О. Игнатъева)

Понятие о метаматериалах.

Среды с отрицательным показателем преломления. Распространение и преломление волн в «левой» среде. Фазовая и групповая скорости в «левой» среде. Оптические свойства «левых сред». Эффект Доплера и эффект Вавилова-Черенкова в «левой» среде. Закон сохранения энергии для «левой» среды. Применение метаматериалов с отрицательным показателем преломления. Линза Веселаго. Соотношения Крамерса-Кронига и фундаментальные ограничения.

Методы эффективной среды. Метод Максвелла-Гарнетта. Метод Бруггемана. Реализация «левой» среды в микроволновом диапазоне частот. Система металлических стержней и расщепленных кольцевых резонаторов. Магнитоиндуктивные волны. Реализация «левой» среды в оптическом диапазоне частот.

Трансформационная оптика. Плащ-невидимка. Гиперболические метаматериалы. Гиперлинза. Среды с нулевой диэлектрической проницаемостью.

4. Оптические свойства металлов. Объемные плазмоны.

(А.Н. Калиш)

Диэлектрическая проницаемость металлов. Модель Друде-Зоммерфельда. Модель Друде-Лоренца. Объемные плазмоны.

5. Поверхностные плазмон-поляритоны.

(А.Н. Калиш)

Поверхностные плазмон-поляритоны на одиночной границе. Поверхностные плазмон-поляритоны в многослойных системах. Таммовские плазмоны. Поверхностные плазмон-поляритоны на поверхности метаматериалов, анизотропных и гиротропных сред. Фонон-поляритоны в полупроводниках.

Методы возбуждения поверхностных плазмон-поляритонов. Призмный ввод: методы Отто и Кретчмана. «Ложные плазмоны» в схеме Кретчмана. Решеточный ввод. Дифракционные методы: ближнепольный, фокусированные оптические пучки. Возбуждение за счет оптической нелинейности. Визуализация поверхностных плазмон-поляритонов.

Терагерцовая плазмоника. Плазмон-поляритоны в графене. Моды Зоммерфельда-Зенека. Поверхностные плазмоны на границе полупроводника. «Ложные» плазмоны на структурированной поверхности.

6. Плазмонные кристаллы.

(А.Н. Калиш)

Дифракция света на субволновых отверстиях. Теория Бете-Боукампа. Экстраординарное оптическое пропускание. Поверхностные плазмон-поляритоны в решетках. Плазмонные кристаллы. Аномалии Вуда. Аномалии Рэлея. Полное поглощение в металлических решетках. Плазмонные резонансы Фабри-Перо в плазмонных кристаллах. Описание свойств плазмонных кристаллов с помощью матрицы рассеяния. Резонансы Фано.

7. Локализованные плазмоны.

(А.Н. Калиш)

Локализованные поверхностные плазмоны. Моды электромагнитного поля в наночастицах. Локализованные плазмоны в сферической металлической наночастице. Рассеяние и поглощение света в металлических наночастицах. Теория Ми. Связанные локализованные плазмоны. Локализованные плазмоны в плазмонных кристаллах. Поверхностный решеточный резонанс. Квантовые явления в плазмонике.

8. Активная плазмоника. Применение плазмоники.

(Д.О. Игнатъева)

Активная плазмоника. Управляемые плазмоны: электроплазмоника, магнитоплазмоника, акустоплазмоника, оптически управляемые плазмоны.

Применения плазмоники. Плазмонная сенсорика. Термомагнитная запись информации. Плазмонные наноантенны, волноводы. Суперлинза. Фотовольтаика. Термоплазмоника. Применения в медицине. Плазмонные методы визуализации.

9. Планарные волноводы и оптические волокна.

(Д.О. Игнатъева)

Моды планарных волноводов и оптических волокон, дисперсия, отсечка. Интегральная оптика. Оптические волокна. Градиентные волноводы. Фотонно-кристаллические волокна. Одномодовые и многомодовые оптические волокна. Передача информации по оптическому волокну. Оптоволоконные датчики. Применение оптических волокон в медицине.

10. Диэлектрическая нанофотоника.

(Д.О. Игнатъева)

Волноводные моды диэлектрических структур. Локализованные моды диэлектрических наночастиц. Моды шепчущей галереи. Топологическая фотоника. Связанные состояния в континууме.

11. Нелинейная нанофотоника и плазмоника.

(Д.О. Игнатъева)

Нелинейная плазмоника. Генерация гармоник, оптическое переключение и усиление нелинейных оптических эффектов в плазмонных и нанофотонных структурах. Поверхностно-усиленное комбинационное рассеяние.

12. Оптические явления в полупроводниковых наноструктурах.

(А.Н. Калиш)

Генерация и поглощение излучения в гетероструктурах с квантовыми слоями, нитями и точками. Экситоника. Плазмон-экситонное взаимодействие.

13. РТ-симметрия в нанофотонике.

(А.Н. Калиш)

РТ-симметрия в нанофотонике.

14. Основы магнитооптики. Распространение электромагнитного излучения в однородной магнитной среде.

(В.И. Белотелов)

Гиротропные среды. Феноменология магнитооптических эффектов. Эффект Фарадея. Полярный, меридиональный и экваториальный эффекты Керра. Эффект Фохта (Коттона-Мутона). Магнитный круговой дихроизм. Эллиптическая поляризация излучения.

15. Микромагнитная природа магнитооптических эффектов.

(В.И. Белотелов)

Диамagnetики, парамагнетиков и ферромагнетиков. Гистерезис. Спин-орбитальное взаимодействие. Обменный интеграл. Продольный и поперечный эффекты Зеемана. Квантовые переходы в магнитном поле. Диамagnetные и парамагнитные переходы. Гиротропия металлов и редкоземельных гранатов.

16. Обратные магнитооптические эффекты.

(В.И. Белотелов)

Обратные эффекты Фарадея и Коттона-Мутона. Вывод выражений для обратных магнитооптических эффектов из термодинамического подхода. Микроскопическая природа. Комбинационное рассеяние света на спиновых волнах. Экспериментальное наблюдение обратных магнитооптических эффектов.

17. Магнитные микро и наноструктуры.

(В.И. Белотелов)

Магнитные домены. Магнитные наноструктуры: доменные границы, вертикальные линии Блоха, точки Блоха и Нееля. Магнитные вихри и скирмионы.

18. Экспериментальное наблюдение магнитооптических эффектов.

(В.И. Белотелов)

Методы измерения магнитооптических эффектов. Применение магнитооптических эффектов для наблюдения магнитных структур. Визуализация наноструктур. Метод анизотропного темного поля. Критерий Рэлея. Идея получения оптического сверхразрешения. Сканирующий оптический микроскоп ближнего поля. Особенности визуализации магнитных наноструктур. Расчет оптического ближнего поля. Метод тензорных функций Грина.

19. Магнитоплазмонные эффекты.

(В.И. Белотелов)

Плазмон-поляритоны в металлодиэлектрических дифракционных решетках. Усиление эффекта Фарадея. Магнитоплазмоны. Экваториальный эффект Керра в плазмонных решетках. Применения плазмонных гетероструктур в информационных и энергосберегающих технологиях.

20. Диэлектрические магнитофотонные структуры.

(В.И. Белотелов)

Волноводные моды и резонансы Ми в магнитных наноструктурах. Особенности магнитооптических эффектов в диэлектрических наноструктурах.

21. Магнитофотонные функциональные устройства.

(В.И. Белотелов)

Оптический изолятор. Модулятор интенсивности света. Магнитооптический циркулятор. Магнитооптический дефлектор. Сенсор магнитного поля. Невзаимный волновод. Магнитоплазмонный биосенсор. Плазмонные структуры для оптической записи информации.

22. Введение в акустику кристаллических сред. Обзор акустооптики объемных сред.

(Г.А. Князев)

Элементы кристаллографии, симметрия кристаллов. Напряжение, деформация и их связь. Тензорное представление физических свойств кристаллов. Ограничения, налагаемые на число независимых модулей упругости симметрией кристаллов. Упругие волны в неограниченном кристалле. Отражение и преломление акустических волн в анизотропных средах. Поверхностные волны. Пьезоэффект. Методы возбуждения ультразвука.

Фотоупругий эффект. Уравнение Рамана-Ната. Режимы дифракции Рамана-Ната и Брэгга. Понятие вектора расстройки. Векторные диаграммы. Анизотропное акустооптическое взаимодействие. Акустооптические материалы. Конструкция акустооптической ячейки. Модуляторы, дефлекторы, фильтры и их применение. Параметрическая акустооптическая рефракция. Невзаимные эффекты в акустооптике.

23. Акустооптика и оптоакустика неоднородных сред.

(Г.А. Князев)

Воздействие акустических колебаний на спектры отражения плазмонных и фотонно-кристаллических структур. Задача об отражении света от металл-диэлектрической структуры, возмущенной акустической волной. Модуляция света на сверхвысоких частотах.

Понятие оптоакустического эффекта. Механизмы преобразования оптического излучения в ультразвук. Термооптическое преобразование фемтосекундных лазерных импульсов в ультразвук в металлических пленках. Усиление эффективности преобразования в плазмонных структурах. Электрострикционный механизм оптоакустического преобразования и его усиление в структурированных средах.

24. Методы расчета оптических свойств наноструктур.

(А.Н. Калиш)

Метод плоских волн. Метод матриц перехода. Метод конечных разностей во временной области. Метод конечных элементов. Приближение дискретных диполей. Метод связанных мод в пространстве Фурье. Метод матриц рассеяния.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Плазменные преобразователи энергии

Цель дисциплины:

- Получение знаний об общих закономерностях низкотемпературной плазмы.
- Разъяснение сущности явлений и основных идей, лежащих в основе работы плазменных преобразователей энергии.
- Практическая подготовка студентов к дальнейшей работе в области физики плазмы и ее применения.

Задачи дисциплины:

- Обзор общих свойств и моделей низкотемпературной плазмы.
- Освоение студентами базовых знаний в области физики плазмы, знакомство с основными кинетическими процессами.
- Приобретение навыков количественных оценок параметров низкотемпературной плазмы.
- Ознакомление студентов с основными понятиями в области плазменной энергетики, классификацией плазменных преобразователей энергии, способами оценки их характеристик и оптимизации параметров.
- Оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных исследований.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия физики низкотемпературной плазмы;
- основные свойства низкотемпературной плазмы и их зависимости от параметров ее состояния;
- основные закономерности кинетики низкотемпературной плазмы;
- модели и методы теоретического исследования неравновесных процессов в плазме;
- физические принципы работы плазменных энергетических установок, а также особенности их практического использования.

уметь:

- абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций;
- квалифицированно использовать полученные знания для решения практических задач физики плазмы;
- производить численные оценки по порядку величины;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах.

владеть:

- аппаратом физики низкотемпературной плазмы для расчета простейших параметров плазменных преобразователей энергии;
- культурой постановки и решения модельных физических задач в области плазменной энергетики;
- навыками самостоятельной работы с учебной, научной и справочной литературой, поиска и обработки научной и технической информации.

Темы и разделы курса:**1. Введение в спецкурс «Плазменные преобразователи энергии»**

Задачи и краткий обзор содержания спецкурса. Понятия «Плазменная энергетика», «Прямое преобразование энергии» и «Плазменные преобразователи энергии» (ППЭ). Классификация ППЭ, сфера их применения.

2. Термодинамика низкотемпературной плазмы (НТП)

Термодинамика полностью ионизованной идеальной плазмы. Температура, тепловая и кулоновская энергия. Кулоновские поправки к свободной энергии и давлению идеальной плазмы.

Термодинамика неидеальных систем. Частичные функции распределения, цепочка уравнений для частичных функций распределения равновесной системы. Связь между статистической суммой и частичными функциями распределения. Приближенные методы вычисления статистической суммы и уравнения состояния.

Частично ионизованная плазма. Ионизационное равновесие. Статистический вес и внутренние степени свободы. Расходимость и обрезание полного статистического веса.

3. Элементарные процессы в НТП

Столкновения в плазме. Методы описания столкновений. Интегральные характеристики столкновений. Упругие столкновения заряженных и нейтральных частиц. Потенциалы межмолекулярного взаимодействия.

Неупругие столкновения электронов с атомами и молекулами. Возбуждение атома электронным ударом. Тушение возбуждения. Ионизация. Возбуждение колебательных состояний молекулы.

Рекомбинация положительных ионов в плазме. Тройная рекомбинация, ударно-излучательная рекомбинация.

Общие методы расчета сечения неупругих переходов при столкновении медленных частиц. Вероятность перехода между двумя состояниями при медленном столкновении атомных частиц. Резонансная перезарядка.

Квантовомеханические методы расчета спектров атомов, ионов и молекул. Методы Хартри и Хартри-Фока, приближение МО ЛКАО. Учет корреляции электронов в орбитальных моделях. Теория функционала плотности.

4. Кинетическое описание неравновесных процессов в НТП

Эволюция неравновесной плазмы. Уравнение Лиувилля, цепочка ББГКИ.

Кинетические уравнения Больцмана и Власова. Интеграл столкновений Батнагара-Гросса-Крука.

Интеграл столкновений Ландау и уравнение Фоккера-Планка.

Методы приближенного решения кинетического уравнения.

5. Гидродинамическое описание неравновесных процессов в НТП

Уравнения моментов функции распределения. Вывод уравнений переноса массы, импульса и энергии. Гидродинамическое приближение.

Транспортные свойства плазмы: электропроводность, теплопроводность, диффузия, вязкость.

6. Плазма в магнитном поле

Кинетическое и гидродинамическое описание. Свойства замагниченной плазмы.

Влияние магнитного поля на коэффициенты переноса

7. Термоэлектрические преобразователи энергии

Свойства поверхности твердых тел. Работа выхода и электронное сродство. Контактные явления.

Термоэлектрические генераторы (ТЭГ). Коэффициент полезного действия и оптимальные параметры ТЭГ.

Термоэлектрические материалы. ТЭГ с ядерными источниками тепла. Применение ТЭГ.

8. Термоэмиссионные преобразователи энергии

Термоэлектронная эмиссия с поверхностей твердых тел.

Идеальный вакуумный ТЭП.

ТЭП с плазмой цезия. Общая характеристика режимов работы ТЭП.

ТЭП с поверхностной ионизацией. Чистые и адсорбирующие эмиттеры. Термодинамика поверхности. Использование смесей Cs-Ba.

Теория диффузионного, кнудсеновского и дугового режимов работы ТЭП.

Термоэмиссионные преобразователи с ядерными источниками тепла. Применение ТЭП в космических ядерных энергоустановках.

9. Магнитогидродинамические генераторы

Плазменные МГД-генераторы, их классификация, основные энергетические и термодинамические характеристики.

Электропроводность рабочих тел МГД-генераторов.

Течение плазмы в канале МГД-генератора.

Оптимизация параметров канала МГД-генератора.

МГД-установки с ядерными источниками тепла.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Практика программирования с использованием Python

Цель дисциплины:

Научить студентов программировать простые графические приложения на языке Python 3 как самостоятельно, так и в группе, с использованием системы контроля версий git и соблюдением принципов качества кода.

Задачи дисциплины:

- Формирование у обучающихся базовых знаний о синтаксисе языка Python 3 и его возможностях;
- формирование культуры создания читабельного кода;
- формирование умения осуществлять декомпозицию проекта ПО на функции, объекты и модули;
- формирование навыка проектирования и разработки ПО с использованием системы контроля версий, в том числе в рабочей группе.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Основы алгоритмического языка программирования Python 3;
- принципы создания качественного читабельного кода;
- приёмы разработки программ «сверху-вниз» и «снизу-вверх»;
- идеологию модульного и объектно-ориентированного подхода;
- типовые решения, применяемые для создания программ.

уметь:

- Разрабатывать читабельные программы на языке программирования Python 3;
- использовать как встроенную, так и доступную в Сети документацию по библиотекам Python 3;
- подключать дополнительные модули и стандартные модули и пакеты Python 3;

- создавать дополнительные модули и пакеты на Python 3 для основной программы;
- применять объектно-ориентированный подход для написания программ;
- разрабатывать программы как индивидуально, так и в команде, с использованием современных средств написания и отладки программ.

владеть:

- Одной из интегрированных сред разработки программ для языка Python 3;
- интерактивной консолью Python 3 для простых вычислений;
- основными командами системы контроля версий git;
- основным инструментарием библиотеки Tkinter;
- средствами отладки и интроспекции на языке Python 3.

Темы и разделы курса:

1. Синтаксис языка Python 3

Интерактивный режим Python 3 и интегрированные среды разработки Условный оператор if. Вложенные и каскадные ветвления. Логические операции and, or, not. Циклы while и for. Инструкции управления циклом. Генератор прогрессий range(). Вложенные циклы. Описание функций без параметров и с параметрами. Кортежи переменных. Обмен значений. Итерируемые объекты и цикл for. Золотой фонд Python: коллекции tuple, list, set, dict. Изменяемость списка и операции с ним. Неизменяемость кортежа и операции с ним. Список кортежей. Цикл for для двух переменных. Разворачивание итерируемого объекта в параметры функции. Генераторы списков, кортежей, множеств. Ссылочная модель данных. Присваивания в Python. Интроспекция. Оператор is. Специфика Python: duck typing. Значения параметров по умолчанию. Именованные параметры функций.

2. Проектирование ПО

Проработка интерфейсов функций. Рефакторинг. Введение в ООП проектирование. Проработка интерфейсов, контрактов и ответственности классов.

3. Контроль качества кода

Читабельность кода и необходимость Style Guide. Краткая выжимка PEP8. Принцип именования переменных и функций. Документация программы

4. Структурное программирование

Инкапсуляция ответственности в функцию. Проектирование «снизу-вверх». Декомпозиция. Проектирование «сверху-вниз».

5. Модульное программирование

Цель и принцип разделения на модули. Создание модулей и пакетов. Возможности инструкции `import`. Проработка и документация интерфейса модуля. Локализация переменных.

6. Объектно-ориентированное программирование

Классы и объекты в Python. Создание и инициализация объекта. Инкапсуляция ответственности в класс. Принцип единственной ответственности класса. Отношения между классами: наследование, композиция, ассоциация. Диаграмма классов UML.

7. Групповая разработка программ

Каскадная модель разработки Waterfall. Итеративная разработка. Распределение ролей в проекте. Документация проекта. Необходимость контроля версий. Терминология. Система контроля версий git. Создание и клонирование репозитория: `git init`, `git clone`, `git status`. Контроль изменений: `git diff`, `git add`, `git commit`, `git log`, `git blame`. Ветки git: `git branch`, `checkout`, `merge`. Система отслеживания ошибок в проекте и управления проектом. Взаимная вычитка кода и `approve`.

8. Событийно-ориентированное программирование

Событийная модель построения приложения. Виджеты, события и обработчики событий. Свойства и упаковка виджетов. Основы библиотеки Tkinter. Создание интерактивной графической программы. Виджеты Tkinter и их упаковка в главное окно программы. Tkinter Canvas: методы, идентификаторы и теги. Переменные с обратной связью в tkinter.

9. Семестровый проект

Разработка архитектуры программного продукта. Разработка плана создания ПО. Распределение ролей участников проекта. Взаимодействие через GitHub. Коворкинг. Обсуждение с преподавателем и ментором. Сдача проекта.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Практика продвинутого программирования с использованием C++

Цель дисциплины:

Целью курса является формирование знаний по применению специализированных библиотек фреймворка Boost и технологий параллельного программирования, а также изучение некоторых специальных возможностей библиотеки STL, которые могут помочь в дальнейшем эффективно использовать C++ при проектировании и разработке программного обеспечения промышленного уровня. Применение этих знаний может помочь в написании более эффективных программ, автоматизации ряда рутинных операций, уменьшении количества ошибок в программах. Целью дисциплины является также повышение культуры программирования, формирование исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины:

- Формирование у обучающихся знаний по применению технологий фреймворка Boost;
- формирование у обучающихся знаний по применению технологий параллельного программирования, в том числе библиотеки многопоточного программирования, входящей в состав STL;
- повышение культуры программирования: умение структурировать текст программы, выделять отдельные модули и правильно связывать их между собой, уметь для решения различных задач применять правильный программный инструментарий;
- формирование умений и навыков применять полученные знания для решения практических задач, в частности, задач компьютерной обработки текста на естественном языке, а также для написания высококачественного кода промышленного уровня.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Фундаментальные принципы и техники проектирования и разработки программного обеспечения промышленного уровня;
- возможности некоторых специализированных библиотек фреймворка Boost;
- технологии параллельного программирования, основанные на взаимодействии между процессами и потоками;

- примитивы синхронизации потоков и средства обмена данными между потоками;

уметь:

- Использовать некоторые необходимые при проектировании промышленного ПО технологии на базе фреймворка Boost, например, Boost.Log, Boost.Filesystem, Boost.Locale и др.;
- интегрировать код, написанный на других языках программирования (например, на Python 3), в приложение на C++, в частности, с помощью Python C/C++ API и библиотеки Boost.Python;
- разрабатывать динамические библиотеки с помощью WinAPI и библиотеки Boost.DLL;
- решать задачи по анализу и обработке структурированного и неструктурированного текста на естественном языке, в частности, писать лексические анализаторы и генераторы на базе Boost.Spirit, использовать алгоритмы для работы со строками и выполнять разбиение текста с Boost.Tokenizer;
- проектировать приложение и разрабатывать алгоритмы (в том числе и алгоритмы NLP) с расчетом на их исполнение в многопоточном/многопроцессном режиме;
- использовать примитивы синхронизации для организации многопоточных вычислений;
- использовать средства межпроцессного взаимодействия на базе Boost.Interprocess и Boost.MPI;
- применять полученные знания для проектирования и разработки ПО промышленного уровня;
- применять полученные знания при разработке высокопроизводительных систем;
- применять полученные знания при разработке алгоритмов и средств NLP.

владеть:

Терминологией и основными инструментами фреймворка Boost и библиотек параллельного программирования, представленных в Boost и STL.

Темы и разделы курса:

1. Повторение ядра C++

Повторение ядра C++, подготовка Boost к работе в MSVS, изучение основных команд Git в SmartGit

2. Интеллектуальные указатели

Интеллектуальные указатели, аллокаторы, итераторы, работа со стандартной библиотекой chrono

3. Последовательные контейнеры

Последовательные контейнеры стандартной библиотеки, пары и кортежи, циклический буфер Boost

4. Ассоциативные и неупорядоченные контейнеры

Ассоциативные и неупорядоченные контейнеры стандартной библиотеки, хэш-таблицы, Boost.Multiindex

5. Алгоритмы стандартной библиотеки

Алгоритмы стандартной библиотеки, итераторы, генераторы случайных чисел C++11, Boost Graph Library

6. Строки

Строки, обработка структурированного текста, регулярные выражения, генераторы и парсеры Boost Spirit

7. Форматы хранения и обмена данными

Форматы хранения и обмена данными JSON, XML, работа с файловой системой, потоки ввода-вывода

8. Многопоточность

Многопоточность стандартной библиотеки, механизм будущих результатов, параллельные алгоритмы

9. Средства синхронизации

Средства синхронизации, мьютексы, условные переменные, параллельные структуры данных, АТД

10. Межпроцессное взаимодействие

Межпроцессное взаимодействие, разделяемая память, memory mapping, средства синхронизации.

11. Сетевое взаимодействие

Сетевое взаимодействие на базе Boost.Asio, основы TCP/IP, endpoint, socket, разрешение DNS имен, операции ввод-вывода, синхронные и асинхронные операции.

12. Мультимедийная библиотека SFML

Мультимедийная библиотека SFML, разработка разнотипных игровых приложений, сапер, змейка, математическое моделирование отдельных физических явлений.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Практикум по генетической инженерии

Цель дисциплины:

Овладение методологическими основами и инструментарием генетической и метаболической инженерии - основы для проведения исследований в области генетики и молекулярной биологии и для получения промышленно значимых микроорганизмов.

Задачи дисциплины:

студенты должны получить профессиональные теоретические знания основ генетической и метаболической инженерии микроорганизмов, а также выработать навыки применения методов генетической и метаболической инженерии для создания промышленно значимых микроорганизмов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Основные методы генетической инженерии. Ферменты, используемые в генетической инженерии. Системы рестрикции –модификации. РНК-полимеразы. ДНК-полимеразы. Щелочная фосфатаза и полинуклеотидкиназа. Нуклеазы. Топоизомераза. ДНК-лигаза. Репликация, транскрипция, трансляция: основные отличия у про- и эукариот. Автономные единицы репликации (плазмиды, бактериофаги, хромосомы). Репликоны. Несовместимость плазмид. Мобилизация плазмид. Маркеры, используемые для селекции. Конструирование гибридных плазмид. Выделение плазмидной ДНК. Выделение тотальной ДНК. Выделение РНК. Разделение фрагментов ДНК с помощью электрофореза в агарозном и полиакриламидном гелях. Принцип амплификации фрагментов ДНК с помощью ПЦР. Клонирование фрагментов, полученных ПЦР. Клонирование в Т-вектор. Трансформация клеток бактерий. Сайт-направленный мутагенез. Транскрипция генов бактерий. Регуляция лактозного оперона E. coli. Регуляция транскрипции целевого гена в штамме BL21(DE3) на векторах серии pET. Транскрипция генов эукариот. Трансляция у бактерий. Химерные белки. Векторы: pBR322, pUC18/19, pACYC184, pET15b.

уметь:

- анализировать первичные последовательности нуклеиновых кислот и белков, использовать биоинформатические подходы для сравнительного анализа нуклеиновых

кислот и белков, применять методы работы с нуклеиновыми кислотами. Владеть оборудованием, применяющимся в генно-инженерных работах.

- готовить растворы для выделения ДНК и проведения агарозного гельэлектрофореза. Калибровать рН метр. готовить микробиологические среды для *Escherichia coli*.
- освоить методы дизайна праймеров. Ставить ПЦР. контролировать результаты ПЦР при помощи агарозного гельэлектрофореза.
- элюировать фрагменты ДНК из геля. Контроль результатов элюции при помощи агарозного гельэлектрофореза. проводить лигирование.
- работать с бактериями (на примере *E. coli*).
- трансформация *E. coli*.
- анализ клонов по фенотипу и методом ПЦР.
- выделение плазмидной ДНК и проверка конструкций методом рестриктоного анализа.
- ферментация *E. coli* и анализ экспрессии клонированного гена методом электрофореза в полиакриламидном геле (SDS-PAGE) по Лэммли.
- анализировать экспрессию клонированного гена по фенотипу.

владеть:

- информацией по основным базам данных нуклеотидных и аминокислотных последовательностей,
- методиками проведения электрофореза, ПЦР, гибридизации, рестрикции, молекулярного клонирования,
- навыками использования методов и соответствующего оборудования для выделения и очистки белков (ВЭЖХ, электрофорез, спектрофотометрия), статистической обработки полученных результатов измерений, первичными навыками по синтезу аффинных сорбентов.

Темы и разделы курса:

1. Подготовка оборудования к работе

1 Подготовка оборудования к работе

Техника безопасности при работе в лаборатории. Ознакомление с общелабораторным оборудованием (Весы, рН-метр, фентрифуги, кельвинаторы и др.). Оборудование для приготовления сред. Микробиологическое (ламинар, термостат, шейкер-инкубатор и тд),

Для манипуляций с ДНК *in vitro*, Для трансформации клеток, Для анализа клонов (ПААГ, спектрофотометры и т.д.). СВЧ печь. Трансиллюминатор. Компьютер, Монитор.

2. Калибровка измерительных приборов

Пипетки, весы, рН-метр, спектрофотометр, люминометр.

3. Приготовление рабочих растворов и буферов

1М Tris-HCl, pH 8,0

0,5М ЭДТА, pH 8,0

Физиологический раствор, 0,9%

10% додецилсульфат натрия (SDS) или лаурилсульфатнатрия

4. Приготовление рабочих растворов и буферов

7,5 М ацетат аммония

Бромистый этидий, 1 мг/мл

6-кратный буфер для нанесения проб ДНК для агарозного гель-электрофореза

1 N, NaOH

2 M, глюкоза

X-Gal, 20 мг/мл

1 M, ИПТГ

50x TAE

TE буфер

5. Приготовление микробиологических сред

Жидкая микробиологическая среда LB (Lysogeny broth);

Агаризованная микробиологическая среда LB (LA);

Автоклавирование сред.

2. Разработка схемы клонирования

Освоение программного обеспечения, необходимого для разработки схемы создания генетической конструкции.

Подбор доноров генетического материала; подбор векторной системы, выбор ориджина репликации, маркеров селекции; определение рестриктных сайтов, последовательностей для экспрессии целевого гена; сборка конструкции; написание протокола конструирования.

3. Дизайн праймеров для ПЦР

Освоение программного обеспечения, необходимого для подбора праймеров,

Расчёт температуры отжига,

Определение вторичной структуры,

Определение неспецифического отжига,

Расчет параметров программы для проведения ПЦР.

Подбор праймеров для клонирования в A/T-вектор, для сборки по Гиббсону, для получения точечных мутаций в гене на плазмиде, для синтеза гена de novo, для получения точечных мутаций в хромосоме методом CRISPR/Cas9.

4. Манипуляции с ДНК in vitro

Освоение программного обеспечения амплификатора

Постановка ПЦР

Приготовление агарозного геля.

Контроль результатов ПЦР при помощи агарозного гель-электрофореза

Постановка препаративного гель-электрофореза.

Элюция фрагмента ДНК из геля

Очистка ДНК.

Переосаждение ДНК этанолом.

Контроль результатов элюции при помощи агарозного гель-электрофореза.

Измерение концентрации ДНК спектрофотометром

Лигирование.

Очистка лигазной смеси от солей.

Сохранение ДНК.

5. Работа с бактериями

Освоение принципов стерильной работы.

Создание рабочего музея штаммов.

6. Работа с бактериями

Высев штаммов из музея,

Освоение выделения плазмидной ДНК

Освоение выделения хромосомальной ДНК

Посев и культивирование бактерий *E. coli* в жидкую среду

Посев и культивирование бактерий *E. coli* на агаризованную среду

Расчистка клонов

Титрование

Закладка штаммов на длительное хранение.

Среды для лиофилизации

Криопротекторы

7. Трансформация клеток E. coli

Трансформация клеток E. coli плазмидной ДНК кальциевым методом.

Принципы расчета эффективности трансформации

Приготовление электрокомпетентных клеток

Трансформация клеток E. coli лигазной смесью кальциевым методом и электропорацией.

Расчет эффективности трансформации E. coli плазмидной ДНК.

8. Анализ полученных конструкций

Анализ клонов по фенотипу

Сине-белая селекция

Отрицательная и положительная селекция

флуоресцентный маркеры

Анализ клонов методом ПЦР: Постановка анализирующей ПЦР с клонов; Определение ориентации вставки.

Выделение плазмидной ДНК методом щелочного лизиса.

Контрольная ПЦР выделенной ДНК

Анализ результатов ПЦР

Подготовка образцов для секвенирования

Проверка конструкций методом рестрикционного анализа

Постановка рестрикции

Анализ результатов в агарозном геле

9. Биосинтез целевого белка

Подготовка сред для экспрессии целевого белка

Среда для экспрессии с Plac.

Среда для экспрессии целевого гена с PrhaB

Инкубация клеток в пробирках

Подготовка растворов для SDS PAAG

Биосинтез в колбах

Основы биосинтеза в ферментёре

Подготовка образцов для белкового электрофореза по Laemmli

10. Белковый электрофорез, оформление паспорта штамма

Сборка камеры для вертикального электрофореза

Постановка электрофореза

Документирование

Анализ результатов

Подготовка паспорта штамма по образцу всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов

Составление отчёта по практикуму

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Практикум по кристаллизации мембранных белков и изучению структурообразования липидов методами SAXS

Цель дисциплины:

формирование практических знаний в области изучения пространственной организации белковых молекул методами рентгеноструктурного анализа и малоуглового рассеяния рентгеновских лучей. Данный курс призван способствовать развитию практических навыков работы в лаборатории и их последующему применению в проведении комплексных научных экспериментов по изучению белков.

Задачи дисциплины:

1. Формирование базовых знаний по кристаллизации водорастворимых и мембранных белков.
2. Изучение принципов организации белковых кристаллов и проведение экспериментов по кристаллизации белков.
3. Формирование знаний о методе рентгеноструктурного анализа белковых молекул.
4. Формирование практических навыков по обращению с белковыми кристаллами и сбору дифракционных данных с них.
5. Формирование знаний в области расчета стратегии сбора кристаллографических данных, а также определения структуры белков, уточнении модели и валидации полученных результатов.
6. Формирование знаний о методе изучения белков в растворе методом малоуглового рассеяния рентгеновских лучей.
7. Формирование навыков применения полученных знаний в самостоятельной, в том числе научно-исследовательской, работе, решении задач, а также анализе полученных результатов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- химическое строение белков, их элементы вторичной структуры;
- принципы работы различных методов кристаллизации водорастворимых белков, фазовую диаграмму кристаллизации;

- устройство биологической мембраны, что собой представляют мембранные белки;
- сложности работы с мембранными белками;
- методы кристаллизации мембранных белков в растворе детергента, типы кристаллов;
- принципы подхода к кристаллизации мембранных белков с использованием липидных фаз, фазовую диаграмму моноолеин/вода;
- принципы оптимизации кристаллизационных условий;
- этапы решения трехмерных структур белков методом рентгеноструктурного анализа;
- принципы сбора кристаллографических данных;
- инструменты для работы с кристаллографическими данными и определения пространственной структуры белка;
- методы решения фазовой проблемы;
- принципы изучения пространственной организации белковых молекул методом малоуглового рассеяния рентгеновских лучей.

уметь:

- приготовить препарат белка для кристаллизации;
- провести эксперимент по кристаллизации белка;
- анализировать и оптимизировать кристаллизационный протокол;
- извлекать и подготавливать кристаллы для последующего снятия дифракционных данных;
- проводить тестовый дифракционный эксперимент;
- работать с кристаллографическими программными пакетами;
- проводить тестовые эксперименты по малоугловому рассеянию рентгеновских лучей.

владеть:

- методиками кристаллизации водорастворимых белков;
- методиками кристаллизации мембранных белков в растворе детергента и в липидных мезофазах;
- навыками работы на автоматизированной кристаллизационной системе;
- навыками работы на автоматизированной системе для наблюдения за кристаллизационными пробами;
- методикой подготовки выращенных кристаллов для проведения дифракционного эксперимента;

- методикой сбора дифракционных данных с кристалла белка;
- практическими навыками в расчете стратегии сбора данных, интегрировании и шкалировании данных;
- практическими навыками определения пространственной структуры белка;
- методикой проведения эксперимента по малоугловому рассеянию рентгеновских лучей.

Темы и разделы курса:

1. Изучению структурообразования липидов методами SAXS.

Методы решения фазовой проблемы:

- Основные понятия о фазовой проблеме
- Метод молекулярного замещения
- Выбор стартовой модели по базам данных трехмерных макромолекулярных структур
- Критические параметры при использовании функции вращения и трансляции
- Уточнение положения и ориентации модели методом твердого тела
- Метод аномального рассеяния
- определение положения атомов аномального рассеяния
- расширение набора уточнение фаз с увеличением разрешения

Решение фазовой проблемы методом молекулярного замещения на примере кристаллографических данных лизоцима и родопсина.

Решение фазовой проблемы методом аномального рассеяния на примере кристаллографических данных тауматина.

Определение структуры макромолекулы

- Интерпретация карт электронной плотности и построение модели макромолекулы
- Методы использования графических программ
- Программы автоматического построения модели
- Уточнение модели структуры с использованием стереохимических и энергетических ограничений, параметры уточнения
- Анализ корректности геометрии и стереохимии уточненной модели структуры макромолекулы

Автоматизированное построение структур белков.

Уточнение структур лизоцима и родопсина.

Изучение карт электронных плотностей.

Валидация полученных структур.

2. Кристаллизация мембранных белков.

Кристаллизация белков

- Основные принципы и понятия
- Физико-химические основы кристаллизации макромолекул
- Технические способы кристаллизации и применение кристаллизационных китов
- Особенности кристаллизации мембранных белков
- Кристаллизационные роботы
- Модификации макромолекул, используемые при кристаллизации
- Комплексы белковые
- Точечные мутации
- Химерные белки

Получение предварительных сведений о целевого белке, работа с базами данных, поиск аналогов и наложение структур:

- <http://www.rcsb.org>
- <http://xpdb.nist.gov:8060/VMCD4/index.faces>
- <http://www.ebi.ac.uk/Tools/msa/clustalw2/>

Постановка кристаллизационных экспериментов на примере лизоцима и родопсина.

Принципы организации белковых кристаллов:

- Элементарная ячейка
- Решетки Браве
- Элементы симметрии в белковых кристаллов
- Лауэ и пространственные группы симметрий белковых кристаллов
- Прямая и обратная решетка
- Физическое устройство кристаллов
- Мозаичность
- Доменная организация

Кристаллизация лизоцима и родопсина.

Сбор дифракционных данных с белковых кристаллов:

- Техника эксперимента
- Стратегия и основные параметры сбора данных
- Обработка экспериментальных данных
- Определение параметров элементарной решетки, индексация кристалла
- Определение количества молекул в элементарной ячейке
- Уточнение Лауэ и пространственной группы кристалла
- Полнота набора для уточненной пространственной группы

Расчет стратегии сбора дифракционных данных.

Интегрирование дифракционных данных на примере кристаллографических данных лизоцима и родопсина.

Шкалирование данных на примере кристаллографических данных лизоцима.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Практикум по методам исследований наноматериалов

Цель дисциплины:

Овладение обучающимися основными методами конструирования и исследования наноструктур и наноматериалов, такими как электронная литография и фотолитография, методами контроля качества наноструктур с помощью оптических методов и атомно-силового микроскопа, подготовки наноструктур к криомагнитным измерениям, проведения транспортных измерений с помощью метода синхронного детектирования и последующего оформления и интерпретация полученных результатов эксперимента.

Задачи дисциплины:

- Освоение студентами культуры работы в чистых помещениях, техники безопасности при работе с химическими реактивами и экспериментальными установками, знакомство с вакуумной и гелиевой техникой;
- формирование начальных компетенций по работе с прецизионным научным оборудованием, а также бережному обращению с лабораторным оборудованием;
- получение навыков исследования свойств разнообразных наноструктур в ходе дальнейшей научно-исследовательской деятельности студента.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

1. Основные методы изготовления контактов к образцам.
2. Основные контактные геометрии и алгоритмы вычисления физических параметров, например, удельного сопротивления.
3. Виды вакуумной и гелиевой техники. Техника безопасности при работе с вакуумными насосами.
4. Методы получения вакуума и высокого вакуума.
5. Технику безопасности при работе с измерительными приборами такими как синхронные детекторы, источники тока и напряжения, вольтметры.
6. Метод синхронного детектирования, основные источники помех при транспортных измерениях и методы борьбы с ними.

7. Технику безопасности при работе с криоагентами.
8. Основные методы изготовления наноструктур и наноматериалов.
9. Технологические стадии литографии, прямая и обращённая литография.
10. Виды фоторезистов, область применимости резистов.

уметь:

1. Наносить контакты к наноструктурам и макроскопическим образцам с помощью серебряной, угольной паст, а также изготавливать прижимные индиевые контакты.
2. Проектировать и собирать вакуумные соединения, контролировать качество вакуума.
3. Проверять вакуумные соединения с помощью гелиевого детектора.
4. Собирать измерительные схемы на базе метода синхронного детектирования для определения транспортных характеристик образцов.
5. Уметь проводить транспортные измерения до температур жидкого азота.
6. Вычислять физические параметры образцов из транспортных характеристик образцов
7. Выполнять математическую обработку полученных экспериментальных данных.
8. Подготавливать образцы для литографии: щепить, перенести образец на подложку, проводить отбор и локализовывать образец на подложке.
9. Измерять толщину наноструктуры.
10. Наносить и отжигать фоторезист.
11. Работать с литографом.
12. Исследовать поверхность наноструктуры с помощью атомно-силового микроскопа.

владеть:

1. Понятийным аппаратом на уровне, достаточном для обсуждения и решения задач в вакуумной технике, схемотехнике и математической обработке данных.
2. Программным обеспечением для анализа и визуализации полученных экспериментальных данных, методами математической обработки данных.
3. Понятийным аппаратом на уровне, достаточном для обсуждения и решения задач в области литографии, вакуумной техники, схемотехники и математической обработки данных.
4. Программным обеспечением для создания рисунков литографии.

Темы и разделы курса:

1. Изготовление контактов к макроскопическим образцам

1. Нанесение контактов с помощью серебряной и/или угольной пасты.
2. Создание прижимных индиевых контактов.
3. Создание контактных схем заданной геометрии: холловский мостик, 4-х точечная схема, схема ван-дер-пау.

2. Вакуумные соединения и вакуумная техника

1. Сборка и проектирование вакуумных соединений.
2. Использование вакуумной техники для создания и контроля качества вакуума.

3. Термическое и магнетронное напыление

1. Нанесение контактов методами магнетронного или термического напыления через маску.

4. Электрические измерительные схемы и приборы

1. Изучение теоретических основ метода синхронного детектирования.
2. Изучение техники безопасности при работе с прецезионной измерительной техникой.
3. Проектирование и сборка измерительных электрических схем.

5. Измерительная программа, измерение зависимости сопротивления от температуры

Измерение зависимости сопротивления образцов от температуры в транспортном дьюаре до температуры жидкого азота или жидкого гелия-4.

6. Работа с криоагентом

Изучение устройства криостатов и техники безопасности при работе с криоагентами.

7. Обработка результатов в Origin Pro

Обработка данных в научном ПО, исключение шума с помощью различных математических методов, вычисление физических величин и подготовка отчёта о проделанном эксперименте.

8. Знакомство с чистой комнатой

Правила пользования и техника безопасности при работе в чистых помещениях.

9. Подготовка флейков (методы очистки подложки, химические реактивы, фоторезист, координатная сетка)

Техника безопасности при работе с химическими реактивами.

10. Литография (нанесение фоторезиста, дублирование, лазерная экспонирование, напыление, удаление фоторезиста)

1. Изучение основных стадий и методов литографии: прямая и обращённая фотолитография; позитивный, негативный и обратимый резисты.

2. Подготовка образцов к литографии: очистка образца и подложки, щепление, перенесение образца на подложку, первичный отбор и локализация образца на подложке.
3. Измерение толщины наноструктуры с помощью интерферометра Фабри-Перо или хромо-оптическими методами.
4. Нанесение фоторезиста, отжиг, подготовка исследуемого образца к литографии.
5. Работа с литографом: включение, подготовка к работе, загрузка наносимого рисунка, экспозиция, завершение работы и выключение литографа.
6. Травление (проявление литографии)

11. Атомно-силовой микроскоп

1. Контроль качества образцов с помощью интерферометра Фабри-Перо, атомно-силового микроскопа, электронного микроскопа.
2. Принцип работы и конструкция атомно-силового микроскопа. Особенности работы. Обработка полученной информации и восстановление полученных изображений. Современное состояние и развитие сканирующей зондовой микроскопии.

12. Выполнение зачётного проекта

Выполнение студентами зачётного проекта

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Практикум по нанотехнологиям

Цель дисциплины:

получение практических навыков научно-исследовательской работы, связанной с изготовлением низкоразмерных объектов и устройств на их основе.

Задачи дисциплины:

- освоение ключевых технологических процессов, применяемых для получения наноразмерных объектов;
- освоение ключевых методов метрологического контроля, применяемых в технологиях наноразмерных объектов;
- обучение принципам совместного анализа данных разных физических и физико-химических методов при решении реальной исследовательской проблемы.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- общие принципы и особенности реализации оптической и электронной литографии;
- общие принципы и особенности реализации процессов химического и электрохимического формирования наноразмерных объектов;
- особенности использования сканирующей и атомно-силовой микроскопии, а также рентгеновской дифракции, для характеристики наноразмерных объектов.

уметь:

- прогнозировать геометрию формирующихся наноразмерных объектов и сопоставлять ее с экспериментальными данными;
- управлять процессами формирования наноразмерных объектов;
- регистрировать физические характеристики наноструктур.

владеть:

- приемами проведения количественных оценок и расчетов;
- приемами мониторинга процессов формирования наноразмерных объектов;
- общими принципами сопоставления данных разных инструментальных методов.

Темы и разделы курса:

1. Малые металлические частицы.

Получение цитратных золей золота, серебра, core-shell частиц золото-серебро. Кинетика процесса, адсорбционное торможение роста частиц, проблема полноты превращения.

Спектральная характеристика золей. Спектральный мониторинг процесса укрупнения малых частиц при старении.

Просвечивающая электронная микроскопия золей, расчет размерного распределения, сопоставление со спектральными данными.

Иммобилизация малых частиц на подложке. Оценка объема золя для достижения монослойного заполнения. Сравнительная характеристика монослоя частиц методами сканирующей электронной и атомно-силовой микроскопии.

Сопоставление данных о полученных малых частицах с литературными данными. Анализ причин уширения размерного распределения.

2. Наноразмерные проволоки.

Электроосаждение металла на плоскую подложку. Выбор потенциала осаждения, определение выхода по току.

Электроосаждение металла в поры трековой мембраны. Мониторинг роста в порах по хроноамперограмме.

Сканирующая электронная микроскопия заполненной мембраны (латеральное изображение и поперечный срез). Уточнение геометрических параметров мембраны.

Сопоставление экспериментального заряда, затраченного на осаждение, с зарядом, рассчитанным по данным о геометрических параметрах мембраны, с учетом выхода по току.

Рентгенодифрактометрическая характеристика осажденного металла. Анализ искажений кристаллической решетки.

Извлечение проволок из мембраны, нанесение на плоскую подложку, характеристика полученных единичных наноразмерных объектов методом атомно-силовой микроскопии.

3. Фотолитография.

Нанесение фоторезиста на подложку с использованием шаблона для дифракционной решетки.

Термическое напыление алюминия.

“Взрывное” (lift-off) удаление резиста. Определение реальных размеров полученных фрагментов методом оптической микроскопии.

Регистрация дифракционной картины и расчет длины волны лазера.

4. Электронная литография.

Нанесение резиста на подложку.

Рисование объекта в программе NanoMaker.

Выборы доз экспонирования, проведение экспонирования.

Характеристика полученной структуры методом сканирующей электронной микроскопии.

5. Комбинированные нанотехнологии.

Изготовление контактной площадки методом фотолитографии. Магнетронное напыление ниобия.

Иммобилизация наноразмерной проволоки на контактной площадке.

Изготовление контактов методом фокусированного ионного пучка.

Характеристика полученной структуры методом сканирующей электронной микроскопии.

6. Использование программы LabView.

Общие принципы регистрации сигналов при помощи программы LabView.

Программирование термометра.

Ошибки и неточности, возникающие при некорректном использовании LabView.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Практикум по современной физике

Цель дисциплины:

Овладение обучающимися навыками работы с современным с современным научным оборудованием, решения базовых практических задач в области нанотехнологий и физики двумерных материалов, планирования научного эксперимента и представления получаемых экспериментальных результатов. Предполагается освоение культуры современного эксперимента в области нанотехнологий, а также техники безопасности при работе с современным научным оборудованием и бережного обращения с высокотехнологичным научным оборудованием. Решенные в данном практикуме задачи могут быть в дальнейшем адаптированы для научно-исследовательской работы студентов. При выполнении лабораторных работ обучающиеся научатся грамотному оформлению результатов экспериментов, их последующей обработке, а также представлению результатов для оценки преподавателем. Результаты будут обрабатываться с учетом возможных ошибок и погрешностей оптического эксперимента. Студенты получают начальные компетенции для работы со сложным научным оборудованием. При выполнении лабораторных работ данного практикума у студентов будет выявлена склонность к экспериментальной работе, что позволит им подготовиться к выполнению исследовательских проектов в научных лабораториях. Предполагается развитие творческих навыков постановки научных задач.

Задачи дисциплины:

Приобрести навыки работы с высокотехнологичным оборудованием лабораторий центра фотоники и двумерных материалов: трансфер графена и других двумерных материалов (HQ Graphene), спектральная эллипсометрия: Sentech SE 800E с рефлектометрическим зондом FTPadvance (240-930 нм) и Woollam VASE (240-3300 нм), сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия: рассеивающий СБОМ Neaspec NeaSNOM с модулями визуализации и спектроскопии (рабочий диапазон 0,4 - 20 мкм) и волоконный собирающий СБОМ DME Valentyn (400-1800 нм), установка спектроскопии комбинационного рассеяния света Horiba JY LabRAM HR Evolution с возможностью картографирования образцов, спектрофотометр Agilent Technologies Cary 5000 UV-Vis-NIR (175-3300 нм), высокоскоростные цифровые осциллографы LeCroy WaveRunner WR-64Xi (600 МГц) и Agilent Technologies MSOX2022A (200 МГц), микроскоп падающего света Nikon ECLIPSE LV150N, система для нанесения растворов центрифугированием Laurell Model WS-650Mz-23NPP, спектрометр Bruker Vertex 80 V с ИК-микроскопом Hyperion 2000, установка для CVD - роста графена из газовой фазы Nabertherm RS 120, установка электронно-лучевого напыления металлов Nano-Master, NEE-4000, электроизмерительное оборудование для

электрической характеристики слоев графена и тонких пленок металлов, синхронный детектор SR 830, источник - измеритель Keithley -2612B и др.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

1. Основное аналитическое оборудование для изучения наноматериалов, наноструктур и наноустройств.
2. Основное технологическое оборудование для создания наноматериалов, наноструктур и наноустройств.
3. Основные принципы работы аналитического оборудования для изучения наноматериалов, наноструктур и наноустройств.
4. Основные принципы работы технологического оборудования для создания наноматериалов, наноструктур и наноустройств.
5. Научные задачи, над которыми работают в лабораториях центра фотоники и двумерных материалов.
6. Технику безопасности и правила работы с высокотехнологичным научным оборудованием.

уметь:

1. Работать с электроизмерительным оборудованием, в том числе с синхронным детектором SR 830, источником-измерителем Keithley 2612B, высокоскоростными цифровыми осциллографами LeCroy WaveRunner WR-64Xi (600 МГц) и Agilent Technologies MSOX2022A (200 МГц).
2. Работать с основными типами приборов оптической спектроскопии.
3. Осуществлять перенос двумерных материалов на различные подложки.
4. Собирать базовые схемы квантовой криптографии.
5. Работать с атомно-силовым микроскопом.
6. Работать с оптическим пинцетом.
7. Работать с ближнепольным оптическим микроскопом.
8. Осаждать тонкие пленки металлов, диэлектриков и полупроводников.

владеть:

1. Экспериментальными методами решения научных задач в области наноматериалов, наноструктур и наноустройств.
2. Базовыми технологиями создания наноматериалов, наноструктур и наноустройств.
3. Методами анализа и обработки экспериментальных данных.

Темы и разделы курса:

1. Вводное занятие. Знакомство с высокотехнологичным оборудованием центра фотоники и двумерных материалов МФТИ

Знакомство с высокотехнологичным оборудованием центра фотоники и двумерных материалов. Экскурсия в лаборатории центра фотоники и двумерных материалов. Инструктаж по технике безопасности при работе с высокотехнологичным оборудованием. Краткий обзор методов исследований, основные характеристики оборудования.

2. Трансфер графена и других двумерных материалов

Методы эксфолиации двумерных материалов. Обнаружение двумерных материалов. Перенос двумерных материалов на различные подложки. Практическая работа «Трансфер графена и других двумерных материалов». Обработка результатов измерений.

3. Создание ван-дер-ваальсовых гетероструктур

Отработка технологии переноса эксфолиированных материалов друг на друга. Работа с трансфер машиной HQ Graphene. Принципиальная схема трансфера двумерных материалов. Лабораторная работа «Создание ван-дер-ваальсовых гетероструктур». Обработка результатов измерений.

4. Атомно-силовой микроскоп

Принципиальная схема и сборка атомно-силового микроскопа. Контактный и полуконтактный режимы. Топография CD, DVD и Blu-Ray дисков. Лабораторная работа «Атомно-силовой микроскоп». Обработка результатов измерений.

5. Оптический пинцет

Принципиальная схема и сборка оптического пинцета. Альтернативные схемы. Пробоподготовка. Система позиционирования образцов. Манипулирование нано- и микрочастицами с помощью оптического пинцета. Лабораторная работа «Оптический пинцет». Обработка результатов измерений.

6. Квантовая криптография

Принципиальная схема установки квантовой криптографии. Сборка установки квантовой криптографии. Протокол BB84. Моделирование протокола BB84 с использованием поляризации света. Одиночные фотоны и классический свет. Лабораторная работа «Квантовая криптография». Обработка результатов измерений.

7. Квантовый ластик

Принципиальные схемы квантового ластика (схемы с одиночными фотонами). Сборка схемы, реализующей эксперимент с квантовым ластиком. Эксперимент с квантовым ластиком (с использованием лазерного источника). Демонстрация фазы Панчаратнама. Лабораторная работа «Квантовый ластик». Обработка результатов измерений.

8. Вводное занятие. Знакомство с высокотехнологичным оборудованием центра коллективного пользования уникальным научным оборудованием в области нанотехнологий.

Знакомство с высокотехнологичным оборудованием центра коллективного пользования уникальным научным оборудованием в области нанотехнологий. Экскурсия в центр коллективного пользования уникальным научным оборудованием в области нанотехнологий. Инструктаж по технике безопасности при работе с высокотехнологичным оборудованием. Краткий обзор методов исследований, основные характеристики оборудования аналитического и технологического оборудования.

9. Оптическая микроскопия. Электронная микроскопия

Современные оптические микроскопы. Разрешающая способность. Электронная микроскопия. Растровая электронная микроскопия. Просвечивающая электронная микроскопия. Программы для обработки изображений. Лабораторная работа «Оптическая микроскопия. Электронная микроскопия». Обработка результатов измерений.

10. Терагерцовая спектроскопия. Призмный спектрометр. Решеточный спектрометр.

Принципы терагерцовой спектроскопии. Основные схемы терагерцовой спектроскопии. Спектрометр Bruker Vertex 80 V с ИК-микроскопом Hyperion 2000. Учебный стенд по терагерцовой спектроскопии (монохроматический генератор, пироэлектрический детектор, набор оптических элементов, дифракционная решетка), Интерферометр Фабри-Перо, интерферометр Маха-Цандера. Терагерцовый спектрометр с временным разрешением, оптический криостат, специализированный пакет программ WASF для обработки спектров диэлектрических параметров и проведения дисперсионного анализа.

11. Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия

Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия: рассеивающий СБОМ Neaspec NeaSNOM с модулями визуализации и спектроскопии (рабочий диапазон 0,4 - 20 мкм) и волоконный собирающий СБОМ DME Valentyn (400-1800 нм). Измерение длины распространения поверхностных электромагнитных волн.

12. Спектральная эллипсометрия

Принципиальная схема лазерной эллипсометрии. Принципиальная схема спектральной эллипсометрии. Установки спектральной эллипсометрии: Sentech SE 800E с рефлектометрическим зондом FTPAdvance (240-930 нм) и Woollam VASE (240-3300 нм). Лабораторная работа «Эллипсометрия тонких металлических пленок» (пленки получены в рамках темы: «Электронно-лучевое осаждение в высоком вакууме. Осаждение тонких пленок»). Обработка результатов измерений.

13. Электронно-лучевое осаждение в высоком вакууме. Осаждение тонких пленок

Установка электронно-лучевого напыления металлов Nano-Master, NEE-4000. Принципы термического испарения в высоком вакууме. Механизмы роста тонких пленок. Осаждение тонких металлических пленок. Влияние температуры и остаточного давления газа. Импульсное лазерное осаждение металлов. Магнетронное распыление. Система для нанесения растворов центрифугированием Laurell Model WS-650Mz-23NPP.

14. Электроизмерительное оборудование

Электроизмерительное оборудование для измерения удельного сопротивления тонких пленок. Синхронный детектор SR 830. Источник-измеритель Keithley 2612B. Высокоскоростные цифровые осциллографы LeCroy WaveRunner WR-64Xi (600 МГц) и Agilent Technologies MSOX2022A (200 МГц). Характеризация слоев графена и тонких

пленок металлов. Лабораторная работа «Электроизмерительное оборудование». Обработка результатов измерений.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Практикум по физике низких температур

Цель дисциплины:

Целью дисциплины «Практикум по физике низких температур» является обучение студентов практической работе с аппаратами, работающими при температуре кипения жидкого азота и жидкого гелия для дальнейшего использования этих навыков в других областях физики конденсированного состояния и дисциплинах естественнонаучного содержания; формирование исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины:

Задачами учебной дисциплины являются:

- изучение свойств жидких газов,
- умение работать с криостатами,
- знание техники безопасности при работе с хладагентами.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия термодинамики;
- определения термодинамических потенциалов;
- поведение термодинамических потенциалов при адиабатическом расширении газа в пустоту (эффект Джоуля-Томсона) и при совершении таким газом работы (принципы работы детандера);
- процессы работы ожижителей;
- принципы получения сверхнизких температур.

уметь:

- конструировать криостаты,
- рассчитывать теплоподвод и теплопередачу,

– заливать жидкий гелий в криостат.

владеть:

– навыками безопасной работы со сжиженными газами.

Темы и разделы курса:

1. Основы физики низкотемпературного эксперимента

- Теплопроводность твердых тел и газов. Практические расчеты тепловых потоков в криостате. Зависимость теплопроводности газа от давления и температуры, - "азотные" и "гелиевые" дьюары.

- Свойства жидкого гелия. РТ-диаграммы для ^4He и ^3He . Понижение температуры путем откачки паров гелия и ограничения этого способа. Сравнение свойств гелия и азота (теплосодержание и теплота испарения), используемых в качестве хладоагентов. Режимы теплопереноса в нормальном гелии. Пузырьковое кипение.

- Свойства сверхтекучего гелия. Двухжидкостная модель. Наблюдение и свойства сверхтекучей фазы. Более подробное обсуждение свойств гелия вблизи кривой равновесия жидкость-пар в диапазоне температур 1.3-5К. Режимы теплопереноса в He II. Пленочное кипение, градиент температур и He II.

- Электроны в жидком гелии. Баббланы. Поверхностные заряды.

- Измерение температуры. Первичные и вторичные термометры. Устройство и калибровка газового термометра. Определение температуры по давлению насыщенных паров гелия. Резистивные термометры и их калибровка.

2. Низкотемпературная лаборатория (Практикум)

Инструктаж по технике безопасности (при работе с электрооборудованием, стеклом, криожидостям, химреактивам и при пайке) и правила работы в Практикуме.

Практикум.

3. Практическая термометрия в диапазоне 1.4-300 К

Наладка и калибровка газового термометра.

Определение температуры по давлению насыщенных паров ^4He .

Приготовление и калибровка резистивного RuO_2 -термометра.

4. Дополнительная экспериментальная задача из списка тем для исследования

Задачу можно выбрать из списка тем, а можно предложить свою, совместимую с возможностями Практикума, идею опыта.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Практикум по экспериментальной физике

Цель дисциплины:

Целью дисциплины «Практикум по экспериментальной физике» является изучение экспериментальных методов исследований в различных областях физики.

Задачи дисциплины:

- изучение теоретических основ различных экспериментальных методов;
- приобретение студентами практических навыков экспериментальных исследований;
- овладение обучающимися навыками работы с современным оборудованием;
- освоение культуры современного эксперимента и правил техники безопасности при работе в современной экспериментальной лаборатории;
- приобретение навыков количественных оценок основных характеристик изучаемых процессов;
- формирование умений и навыков применения полученных знаний для постановки эксперимента и самостоятельного анализа полученных результатов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики;
- порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;
- современные экспериментальные методы исследования в различных областях физики;
- основные характеристики измеряемых величин и измерительных систем;
- принципы и методы построения сложных измерительных систем;
- классификацию шумов, виды погрешностей измерения,
- технические основы создания измерительных систем;
- методы обработки экспериментальных данных.

уметь:

- квалифицированно проводить измерения на экспериментальных установках;
- использовать современные методы обработки данных эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- осваивать новые предметные области и экспериментальные методики;
- абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических процессов;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- обеспечить и оценить достоверность получаемых результатов;
- работать на современном экспериментальном оборудовании;
- работать и решать поставленные задачи в небольшом исследовательском коллективе;
- представлять результаты проделанной работы.

владеть:

- навыками планирования и постановки физического эксперимента;
- навыками грамотной обработки экспериментальных данных и сопоставления с расчетами;
- методами анализа и обработки экспериментальных данных.
- навыками представления экспериментальных данных.
- навыками самостоятельной работы в лаборатории на современном экспериментальном оборудовании.

Темы и разделы курса:

1. Оптические методы в эксперименте.

1. Квазиоптические измерения на субмиллиметровых волнах
2. Интерферометр Фабри-Перо
3. Исследование характеристик ПЗС-фотоматрицы
4. Аппаратная функция фотоумножителя. Шумы фотоумножителя
5. Спектральная и переходная характеристики фотослоя, его шум, кривая почернения
6. Изучение аппаратной функции электронно-оптического преобразователя

7. Изучение звездного коронографа

2. Исследование свойств веществ оптическими методами

1. Интерферометрические измерения плотности в аксиально-симметричных объектах

2. Основы газоанализа с применением бездисперсионной оптоакустической спектроскопии

3. Измерение температуры электронов по относительной интенсивности спектральных линий

4. Комбинационное рассеяние света

5. Спектрометр ближнего ИК диапазона на акустооптическом перестраиваемом фильтре (АОПФ)

3. Управление экспериментом и обработка изображений

1. Введение в LABVIEW

2. Математические методы обработки оптических изображений

3. Коррекция и обработка оптических изображений методами Фурье-оптики

4. Экспериментальные методы лазерной физики

1. Характеристики неодимового лазера

2. Исследование свойств излучения перестраиваемого диодного лазера

3. Туннелирование электронов в вырожденном p-n переходе

4. Исследование свойств квантово-каскадного лазера

5. Экспериментальные методы в физике твердого тела

5. Определение эффективной массы носителей заряда по эффекту Фарадея

1. Изучение основных электрофизических характеристик полупроводников

2. Фазовый переход в сегнетоэлектрике

3. Высокотемпературная сверхпроводимость

4. Фазовый переход в четыреххлористом углероде под давлением

5. Ультразвуковое исследование упругих характеристик вещества

6. Исследование магнитных свойств аморфного ферромагнетика при помощи высокотемпературного магнитометра

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Представления групп и алгебр Ли

Цель дисциплины:

- получение базовых знаний по теории представлений групп и алгебр Ли;
- формирование ясного понимания места теории представлений групп и алгебр Ли в теории элементарных частиц и их взаимодействиях.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся общей математической культуры;
- овладение методами теории представлений;
- формирование умений и навыков использования методов теории представлений в задачах квантовой теории поля и физики элементарных частиц.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- вещественные формы простых комплексных алгебр Ли;
- метод старшего веса построения конечномерных неприводимых представлений простых алгебр;
- тензорный метод построения конечномерных неприводимых представлений простых групп и алгебр;
- неприводимые унитарные представления группы Пуанкаре;
- нелинейные представления групп и сигма-модели.

уметь:

- строить весовые диаграммы конечномерных неприводимых представлений простых алгебр;
- определять кратности весов и находить размерности конечномерных неприводимых представлений группы $SU(3)$;

- разлагать тензорные произведения конечномерных представлений группы $SU(3)$ в прямую сумму неприводимых представлений.

владеть:

- методом старшего веса для построения представлений;
- тензорным методом построения представлений из фундаментальных;
- методом индуцированных представлений для построения унитарных неприводимых представлений группы Пуанкаре;
- методом нелинейных представлений для построения эффективных теорий со спонтанным нарушением симметрии.

Темы и разделы курса:

1. Конечномерные неприводимые представления алгебры $sl(2, \mathbb{C})$ и ее вещественных форм.

Весы и весовые векторы представления. Повышающие и понижающие операторы. Модуль Верма. Старший вес. Размерность неприводимого представления. Матрицы операторов представления. Представления вещественных форм алгебры $sl(2, \mathbb{C})$.

2. Система корней простой алгебры

Подалгебра Картана. Корни и системы корней. Коммутационные соотношения в базисе Картана-Вейля.

3. Метод старшего веса построения конечномерных неприводимых представлений простой алгебры

Весы и весовые векторы. Коэффициенты Дынкина. Решетка весов. Старший вес. Доминантные веса. Весовые диаграммы. Симметрии весовых диаграмм. Процедура построения весовой диаграммы представления из старшего веса.

Представления алгебры $sl(3, \mathbb{C})$ и ее компактной вещественной формы $su(3)$. Истинно комплексные и вещественно подобные представления. Связь комплексных представлений с симметрией диаграмм Дынкина и симметрией весовых диаграмм.

Представления алгебры $so(4, \mathbb{C})$ и ее вещественной формы $so(3, 1)$.

4. Размерность неприводимых представлений

Кратность веса. Рекуррентная формула Фрейденгала для размерности неприводимого представления. Элементы теории характеров, формула Вейля для размерности неприводимого представления. Правило подсчета кратности весовых диаграмм представлений алгебры $sl(3, \mathbb{C})$.

5. Тензорных метод

Тензорное произведение представлений. Геометрический метод построения тензорного произведения представлений (на решетке весов). Фундаментальные веса.

Неприводимое тензорное представление и диаграмма Юнга. Разложение произведения неприводимых представлений в прямую сумму неприводимых.

Кварковая модель барионов и представления группы $SU(3)$.

6. Неприводимы унитарные представления группы Пуанкаре

Частицы, как унитарные неприводимые представления группы Пуанкаре. Малая группа и индуцированные представления. Массивные и безмассовые представления группы Пуанкаре. Безмассовые представления с «бесконечным» спином.

7. Нелинейные представления

Нелинейные представления группы Ли на многообразии со стационарной подгруппой. Замена координат и канонический вид нелинейных представлений. Применение нелинейных представлений в квантовой теории поля. Координаты на фактор многообразии по стационарной подгруппе как голдстоуновские поля. Масштаб спонтанного нарушения симметрии.

8. Нелинейные сигма-модели

Нелинейная ковариантная производная и динамические инварианты. Эффективные Лагранжианы. Обобщение теории на спонтанно нарушенные локальные симметрии.

Киральные симметрии КХД. Пионы как голдстоуновские бозоны. Киральные Лагранжианы КХД. Нарушающие киральную симметрию (за счет масс кварков) члены Лагранжиана.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Представления групп и алгебр Ли

Цель дисциплины:

Семестровый курс лекций по теории представлений групп и алгебр Ли призван ознакомить студентов с основными понятиями и методами этого раздела математики, а также их применениями в теоретической физике.

Задачи дисциплины:

- познакомить студентов с основными понятиями и идеями в этой области, с постановкой задач и подходами к их решениям. Предполагается, что прослушав этот курс, студенты смогут использовать методы и подходы этой области в своей научно-исследовательской работе.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия по теме дисциплины.

уметь:

- пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования, решать задачи по теме дисциплины.

владеть:

- математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

Темы и разделы курса:

1. Топологические группы и группы Ли. Многообразия групп Ли. Локальные изоморфизмы. Универсальные накрывающие. Компактные группы Ли. Инвариантная метрика на группе Ли. Мера Хаара.

- Напоминание основных понятий теории групп: группы, нормальные подгруппы, фактор-группы, гомоморфизмы, прямые произведения.
- Топологические группы. Группы Ли. Многообразия группы Ли.
- Локально изоморфные группы Ли.
- Универсальные накрывающие.
- Компактные группы Ли.
- Инвариантная метрика на группе Ли. Мера Хаара.

2. Алгебры Ли. Экспоненциальное отображение. Метрика Киллинга. Разрешимые, нильпотентные, простые и полупростые алгебры Ли. «Случайные» изоморфизмы.

- Понятие алгебры Ли. Касательные пространства к многообразиям групп Ли. Матричные алгебры Ли.
- Гомоморфизмы алгебр Ли. Экспоненциальное отображение.
- Метрика Киллинга алгебр Ли.
- Разрешимые, нильпотентные, простые и полупростые алгебры Ли. Теорема Леви–Мальцева.
- «Случайные» изоморфизмы алгебр Ли.

3. Теория представлений групп Ли. Характеры представлений. Унитарные представления компактных групп Ли. Унитарный трюк Вейля.

- Линейные представления групп Ли. Примеры. Теорема Бернсайда. Лемма Шура.
- Характеры представлений.
- Представления компактных групп Ли. Теорема Петера–Вейля.
- Унитарные представления компактных групп. Теорема о конечномерности.
- Унитарный трюк Вейля.

4. Теория представлений алгебр Ли. Представления полупростых алгебр Ли. Обертывающая алгебра и ее представления. Операторы Казимира. Янгианы.

- Определение представления алгебры Ли. Примеры.
- Представления полупростых алгебр Ли. Представления старшего веса. Формула Вейля.
- Обертывающая алгебра алгебры Ли. Представления обертывающей алгебры. Центр обертывающей алгебры и операторы Казимира.
- Коумножение обертывающей алгебры. Янгианы.

5. Подалгебра Картана. Базис Картана–Вейля. Диаграммы Дынкина. Классификация простых алгебр Ли.

- Подалгебра Картана. Базис Картана–Вейля. Ранг алгебры Ли.
- Системы корней простых алгебр Ли. Группа Вейля.
- Диаграммы Дынкина. Системы корней классических алгебр Ли.
- Классификация простых алгебр Ли.
- Системы корней исключительных алгебр Ли.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Приборы и методика эксперимента в физике высоких энергий: лабораторный практикум

Цель дисциплины:

Знакомство с физическими механизмами и принципами работы детекторов частиц, методикой эксперимента в физике элементарных частиц, практическое овладение общелабораторными и специализированными приборами и детекторами, а также освоение специализированного программного обеспечения.

Задачи дисциплины:

Освоение студентами основных методов работы с приборами, сбора и обработки данных, применяемых в физике частиц.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Методы анализа данных в физическом эксперименте;

Методики проведения эксперимента;

Принцип работы основных типов детекторов элементарных частиц.

уметь:

Применять полученные знания по основным методам работы с приборами, сбора и обработки данных, применяемых в физике элементарных частиц.

владеть:

Техникой измерения характеристик ячеистых лавинных фотодиодов; основными способами статистической обработки данных и представления результатов с помощью пакета ROOT.

Темы и разделы курса:

1. Общелабораторные цифровые приборы.

Общелабораторные цифровые приборы: генератор, осциллограф, коммутатор, пикоамперметр. Передача и измерение сигналов. Автоматизированный измерительный стенд на основе протокола GPIB.

2. Ячеистый лавинный фотодиод.

Ячеистый лавинный фотодиод (ЯЛФД, SiPM) - перспективный фотоприемник для детекторов частиц. Измерение вольтамперных характеристик (ВАХ) ЯЛФД (SiPM); эквивалентная схема SiPM и ее параметры.

3. Измерение импульсных характеристик ЯЛФД.

Измерение импульсных характеристик ЯЛФД. Измерение вкладов cross-talk и послеимпульсов. Пуассоновская статистика процессов.

4. Моделирование и измерение характеристик усилителя для ЯЛФД.

Моделирование и измерение характеристик усилителя для ЯЛФД. Интегрированная цифровая многоканальная электроника обработки сигналов ЯЛФД.

5. Стабилизация температуры платы ЯЛФД.

Стабилизация температуры платы ЯЛФД на основе элемента Пелтье. Измерение температурных зависимостей характеристик ЯЛФД.

6. Программное обеспечение в ФВЭ.

Программное обеспечение в ФВЭ. Реконструкция событий. Моделирование. Анализ данных.

7. Программный пакет ROOT.

Программный пакет ROOT. Создание и заполнение гистограмм. Аппроксимация графиков и гистограмм. Действия с гистограммами. Вычисление статистических погрешностей. «Деревья ROOT». Создание и заполнение. Анализ данных с использованием «деревьев». Сохранение данных в файлы ROOT.

8. Метод Монте-Карло.

Метод Монте-Карло. Моделирование отклика детектора. Программный пакет GEANT4. Описание геометрии детектора в пакете GEANT4. Создание модели простого детектора.

9. Моделирование взаимодействий в веществе.

Моделирование взаимодействий в веществе. Расчет ионизационных потерь в детекторе. Моделирование отклика. Визуализация и сохранение результатов моделирования. Обработка результатов с помощью пакета ROOT.

10. Изучение корреляций статических характеристик ЯЛФД.

Изучение корреляций статических (ВАХ) и импульсных характеристик ЯЛФД.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Прикладная статистика

Цель дисциплины:

Изучение математических и теоретических основ современного статистического анализа, а также подготовка слушателей к дальнейшей самостоятельной работе в области анализа статистических задач прикладной математики, физики, астрономии.

Задачи дисциплины:

- изучение математических основ прикладной статистики;
- приобретение слушателями теоретических знаний в области современного статистического анализа;
- приобретение слушателями навыков подготовки реальных данных к обработке и выбора статистического метода для решения задачи.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные понятия, законы теории вероятностей и математической статистики;
- понятия, аксиомы, методы доказательств и доказательства основных теорем курса;
- основные свойства объектов математической статистики;
- аналитические и численные подходы и методы для решения типовых прикладных задач теории вероятностей и математической статистики;
- параметрические и непараметрические методы статистического анализа;
- базовые понятия теории проверки статистических гипотез;
- основные подходы к сравнению оценок параметров как случайных величин;
- определение общей линейной регрессионной модели и метод наименьших квадратов;
- многомерное нормальное распределение и его основные свойства;
- методы оценки корреляционной зависимости;
- виды задач дисперсионного анализа.

уметь:

- использовать свои знания для решения прикладных задач математической статистики;
- самостоятельно находить методы решения задач, в том числе нестандартных, и проводить их анализ;
- внедрять математико-статистические методы исследований при решении прикладных задач физики, астрономии, математики;
- самостоятельно углублять и расширять знания в области математической статистики.

владеть:

- культурой постановки, анализа и решения задач прикладной статистики, требующих для своего решения использования математических подходов и методов;
- основными методами математической статистики для построения точечных и доверительных оценок;
- навыками применения теорем математической статистики в прикладных задачах физики, математики.

Темы и разделы курса:**1. Точечные оценки параметров, метод максимального правдоподобия**

Точечные оценки параметров. Статистики и оценки, примеры статистик. Свойства оценок - несмещенность, состоятельность, сильная состоятельность, асимптотическая нормальность. Практический смысл свойств. Примеры. Наследование свойств. Дельта-метод, пример. Метод максимального правдоподобия, примеры и свойства. Задача про гамма-излучение. Метод выборочных квантилей, асимптотическая нормальность выборочной квантили.

2. Сравнение оценок

Сравнение оценок. Функция потерь и функция риска, MSE и MAE, примеры. Асимптотическая эффективность.

3. Метод Ньютона и его применение для решения уравнения правдоподобия

Метод Ньютона и его применение для решения уравнения правдоподобия. Одношаговые оценки и их эквивалентность ОМП. Одношаговая оценка для модели Коши со сдвигом.

4. Робастность, асимптотическая толерантность

Робастность, асимптотическая толерантность. Робастные оценки: усеченное среднее и медиана средних Уолша, их асимптотическая толерантность и асимптотическая эффективность по отношению к выборочному среднему на всем классе гладких симметричных распределений и в частных случаях. Робастность, асимптотическая толерантность. Робастные оценки: усеченное среднее и медиана средних Уолша, их асимптотическая толерантность и асимптотическая эффективность по отношению к

выборочному среднему на всем классе гладких симметричных распределений и в частных случаях.

5. Доверительные интервалы и доверительные области, метод бутстрепа

Доверительные интервалы и доверительные области. Асимптотические доверительные интервалы, метод построения, пример. Точные доверительные интервалы для параметров в нормальной модели (4 вида). Распределения хи-квадрат и Стьюдента, их свойства. Метод бутстрепа. Пример про дисперсию оценки коэффициента асимметрии. Описание метода бутстрепа, пример про оценку дисперсии статистики. Бутстрепные доверительные интервалы.

6. Ядерные оценки плотности

Ядерные оценки плотности, виды ядер, связь с эмпирической функцией распределения, сходимость оценки плотности. Оптимальная ширина ядра и оптимальное ядро, подбор оптимальной ширины ядра по выборке.

7. Проверка статистических гипотез

Проверка статистических гипотез: гипотезы и критерии, варианты ответов, связь с презумпцией невиновности. Ошибки I и II рода, уровень значимости критерия, мощность критерия, пример. Множественная проверка гипотез, постановка задачи, пример. Контроль FWER, методы Бонферрони и Холма. Нисходящие и восходящие процедуры.

8. Критерий Вальда

Критерий Вальда, его разновидности и особенности, функция мощности, пример.

9. Пример проверки гипотез в задаче исследовании эффективности нового лекарства

Пример проверки гипотез в задаче исследовании эффективности нового лекарства. p-value – определение в частном и общем случаях. Распределение p-value при справедливости основной гипотезы. Что не является p-value, пример.

10. Поведение критического уровня критерия для разных размеров выборки

Поведение критического уровня критерия для разных размеров выборки, следствия. Практическая значимость результата, примеры. Определение необходимого размера выборки на этапе планирования эксперимента.

11. Общие критерии согласия

Общие критерии согласия. Критерий Колмогорова, другие критерии, основанные на отличии от ЭФР. Графический способ проверки с помощью Q-Q plot. Критерии проверки нормальности: Жарка-Бера, Шапиро-Уилка. Критерий хи-квадрат, теорема Пирсона, пример.

12. Линейная регрессия и коэффициенты корреляции

Линейная регрессия. Постановка задачи линейной регрессии, примеры зависимостей, случай категориальных переменных. Метод наименьших квадратов. Оценка вектора параметров и ее свойства. Геометрический смысл метода. Несмещенная оценка дисперсии ошибки в методе наименьших квадратов. Коэффициенты корреляции Пирсона, Спирмена и Кендалла, их свойства. Таблицы сопряженности 2x2, точный тест Фишера, меры

взаимосвязи, определение количества наблюдений. Общий случай таблиц сопряженности, типы вероятностных моделей, критерий хи-квадрат.

13. Виды задач дисперсионного анализа, примеры

Виды задач дисперсионного анализа, примеры. Критерии проверки однородности для бернуллиевских выборок, доверительные интервалы для разности (простые и Уилсона). Проверка на равенство средних нормальных выборок (t-test, 3 сл.), проверка равенства дисперсий, проверка однородности нормальных выборок.

14. Виды альтернатив в непараметрическом случае

Виды альтернатив в непараметрическом случае. Критерии Смирнова и Розенблатта. Критерий Уилкоксона-Манна-Уитни, его свойства, связанная с ним оценка параметра сдвига. Связные выборки, предположения модели, пример, когда предположения не выполняются. Критерий знаков, его свойства, связанная с ним оценка параметра сдвига. Критерий ранговых сумм Уилкоксона, его свойства, связанная с ним оценка параметра сдвига. Проверка симметрии.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Прикладная физическая культура (виды спорта по выбору)

Цель дисциплины:

Сформировать мировоззренческую систему научно-практических знаний и отношение к физической культуре.

Задачи дисциплины:

Для достижения поставленной цели предусматривается решение следующих воспитательных, образовательных, развивающих и оздоровительных задач:

- понимание социальной роли физической культуры в развитии личности и подготовке ее к профессиональной деятельности;
- знание научно- биологических и практических основ физической культуры и здорового образа жизни;
- формирование мотивационно-ценностного отношения к физической культуре, установки на здоровый стиль жизни, физическое самосовершенствование и самовоспитание, потребности в регулярных занятиях физическими упражнениями и спортом.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Материал раздела предусматривает овладение студентами системой научно-практических и специальных знаний, необходимых для понимания природных и социальных процессов функционирования физической культуры общества и личности, умения их адаптивного, творческого использования для личностного и профессионального развития, самосовершенствования, организации здорового стиля жизни при выполнении учебной, профессиональной и социокультурной деятельности. Понимать роль физической культуры в развитии человека и подготовке специалиста.

уметь:

Использовать физкультурно-спортивную деятельность для повышения своих функциональных и двигательных возможностей, для достижения личных жизненных и профессиональных целей.

владеть:

Системой практических умений и навыков, обеспечивающих сохранение и укрепление здоровья, развитие и совершенствование психофизических способностей и качеств (с выполнением установленных нормативов по общей физической и спортивно-технической подготовке).

Темы и разделы курса:

1. ОФП (общая физическая подготовка)

Физическая подготовленность человека характеризуется степенью развития основных физических качеств – силы, выносливости, гибкости, быстроты, ловкости и координации.

Идея комплексной подготовки физических способностей людей идет с глубокой древности. Так лучше развиваются основные физические качества человека, не нарушается гармония в деятельности всех систем и органов человека. Так, к примеру, развитие скорости должно происходить в единстве с развитием силы, выносливости, ловкости. Именно такая слаженность и приводит к овладению жизненно необходимыми навыками.

Физические качества и двигательные навыки, полученные в результате физических занятий, могут быть легко перенесены человеком в другие области его деятельности, и способствовать быстрому приспособлению человека к изменяющимся условиям труда быта, что очень важно в современных жизненных условиях.

Между развитием физических качеств и формированием двигательных навыков существует тесная взаимосвязь.

Двигательные качества формируются неравномерно и неодновременно. Наивысшие достижения в силе, скорости, выносливости достигаются в разном возрасте.

Понятие о силе и силовых качествах.

Люди всегда стремились быть сильными и всегда уважали силу.

Различают максимальную (абсолютную) силу, скоростную силу и силовую выносливость. Максимальная сила зависит от величины поперечного сечения мышцы. Скоростная сила определяется скоростью, с которой может быть выполнено силовое упражнение или силовым приемом. А силовая выносливость определяется по числу повторений силового упражнения до крайней усталости.

Для развития максимальной силы выработан метод максимальных усилий, рассчитанный на развитие мышечной силы за счет повторения с максимальным усилием необходимого упражнения. Для развития скоростной силы необходимо стремиться наращивать скорость выполнения упражнений или при той же скорости прибавлять нагрузку. Одновременно растет и максимальная сила, а на ней, как на платформе, формируется скоростная. Для развития силовой выносливости применяется метод «до отказа», заключающийся в непрерывном упражнении со средним усилием до полной усталости мышц.

Чтобы развить силу, нужно:

1. Укрепить мышечные группы всего двигательного аппарата.

2. Развить способности выдерживать различные усилия (динамические, статические и др.)

3. Приобрести умение рационально использовать свою силу.

Для быстрого роста силы необходимо постепенно, но неуклонно увеличивать вес отягощений и быстроту движений с этим весом. Сила особенно эффективно растет не от работы большой суммарной величины, а от кратковременных, но многократно интенсивно выполняемых упражнений. Решающее значение для формирования силы имеют последние попытки, выполняемые на фоне утомления. Для повышения эффективности занятий рекомендуется включать в них вслед за силовыми упражнениями упражнения динамические, способствующие расслаблению мышц и пробуждающие положительные эмоции – игры, плавание и т.п.

Уровень силы характеризует определенное морфофункциональное состояние мышечной системы, обеспечивающей двигательную, корсетную, насосную и обменную функции.

Корсетная функция обеспечивает при определенном мышечном тоне нормальную осанку, а также функции позвоночника и спинного мозга, предупреждая такие распространенные нарушения и заболевания как дефекты осанки, сколиозы, остеохондрозы. Корсетная функция живота играет важную роль в функционировании печени, желудка, кишечника, почек, предупреждая такие заболевания как гастрит, колит, холецистит и др. недостаточный тонус мышц ног ведет к развитию плоскостопия, расширению вен и тромбозу.

Недостаточное количество мышечных волокон, а значит, снижение обменных процессов в мышцах ведет к ожирению, атеросклерозу и другим неинфекционным заболеваниям.

Насосная функция мышц («мышечный насос») состоит в том, что сокращение либо статическое напряжение мышц способствует передвижению венозной крови по направлению к сердцу, что имеет большое значение при обеспечении общего кровотока и лимфотока. «Мышечный насос» развивает силу, превышающую работу сердечной мышцы и обеспечивает наполнение правого желудочка необходимым количеством крови. Кроме того, он играет большую роль в передвижении лимфы и тканевой жидкости, влияя тем самым на процессы восстановления и удаления продуктов обмена. Недостаточная работа «мышечного насоса» способствует развитию воспалительных процессов и образованию тромбов.

Таким образом нормальное состояние мышечной системы является важным и жизненно необходимым условием .

Уровень состояния мышечной системы отражается показателем мышечной силы.

Из этого следует, что для здоровья необходим определенный уровень развития мышц в целом и в каждой основной мышечной группе – мышцах спины, груди, брюшного пресса, ног, рук.

Развитие мышц происходит неравномерно как по возрастным показателям , так и индивидуально. Поэтому не следует форсировать выход на должный уровень у детей 7-11 лет. В возрасте 12-15 лет наблюдается значительное увеличение силы и нормативы силы на порядок возрастают. В возрасте 19-29 лет происходит относительная стабилизация, а в 30-39 лет – тенденция к снижению. При управляемом воспитании силы целесообразно в 16-18 лет выйти на нормативный уровень силы и поддерживать его до 40 лет.

Необходимо помнить, что между уровнем отдельных мышечных групп связь относительно слабая и поэтому нормативы силы должны быть комплексными и относительно простыми при выполнении. Лучшие тесты – это упражнения с преодолением массы собственного тела, когда учитывается не абсолютная сила, а относительная, что позволяет сгладить разницу в абсолютной силе, обусловленную возрастно-половыми и функциональными факторами.

Нормальный уровень силы – необходимый фактор для хорошего здоровья, бытовой, профессиональной трудоспособности.

Дальнейшее повышение уровня силы выше нормативного не влияет на устойчивость к заболеваниям и рост профессиональной трудоспособности, где требуется значительная физическая сила.

Гибкость и методика ее развития.

Под гибкостью понимают способность к тах по амплитуде движениям в суставах. Гибкость - морфофункциональное двигательное качество. Она зависит:

- от строения суставов;
- от эластичности мышц и связочного аппарата;
- от механизмов нервной регуляции тонуса мышц.

Различают активную и пассивную гибкость.

Активная гибкость - способность выполнять движения с большой амплитудой за счет собственных мышечных усилий.

Пассивная гибкость - способность выполнять движения с большой амплитудой за счет действия внешних сил (партнера, тяжести). Величина пассивной гибкости выше показателей активной гибкости.

В последнее время получает распространение в спортивной литературе термин “специальная гибкость” - способность выполнять движения с большой амплитудой в суставах и направлениях, характерных для избранной спортивной специализации. Под “общей гибкостью”, в таком случае, понимается гибкость в наиболее крупных суставах и в различных направлениях.

Кроме перечисленных внутренних факторов на гибкость влияют и внешние факторы: возраст, пол, телосложение, время суток, утомление, разминка. Показатели гибкости в младших и средних классах (в среднем) выше показателей старшеклассников; наибольший прирост активной гибкости отмечается в средних классах.

Половые различия определяют биологическую гибкость у девочек на 20-30% выше по сравнению с мальчиками. Лучше она сохраняется у женщин и в последующей возрастной периодике.

Время суток также влияет на гибкость, с возрастом это влияние уменьшается. В утренние часы гибкость значительно снижена, лучшие показатели гибкости отмечаются с 12 до 17 часов.

Утомление оказывает существенное и двойственное влияние на гибкость. С одной стороны, к концу работы снижаются показатели силы мышц, в результате чего активная гибкость уменьшается до 11%. С другой стороны, снижение возбуждения силы способствует восстановлению эластичности мышц, ограничивающих амплитуду движения. Тем самым повышается пассивная гибкость, подвижность увеличивается до 14%.

Неблагоприятные температурные условия (низкая температура) отрицательно влияют на все разновидности гибкости. Разогревание мышц в подготовительной части учебно-тренировочного занятия перед выполнением основных упражнений повышает подвижность в суставах.

Мерилом гибкости является амплитуда движений. Для получения точных данных об амплитуде движений используют методы световой регистрации: кино съемку, циклографию, рентгено-телевизионную съемку и др. Амплитуда движений измеряется в угловых градусах или в сантиметрах.

Средства и методы:

Средством развития гибкости являются упражнения на растягивания. Их делят на 2 группы: активные и пассивные. Активные упражнения:

- однофазные и пружинистые (сдвоенные, строенные) наклоны;
- маховые и фиксированные;
- статические упражнения (сохранение неподвижного положения с максимальной амплитудой).

Пассивные упражнения: поза сохраняется за счет внешних сил. Применяя их, достигают наибольших показателей гибкости. Для развития активной гибкости эффективны упражнения на растягивание в динамическом режиме.

Общее методическое требование для развития гибкости - обязательный разогрев (до потоотделения) перед выполнением упражнений на растягивание.

Взаимное сопротивление мышц, окружающих суставы, имеет охранительный эффект. Именно поэтому воспитание гибкости должно с запасом обеспечивать требуемую амплитуду движений и не стремиться к предельно возможной степени. В последнем случае это ведет к травмированию (растяжению суставных связок, привычным вывихам суставов), нарушению правильной осанки.

Мышцы малорастяжимы, поэтому основной метод выполнения упражнений на растягивание - повторный. Разовое выполнение упражнений не эффективно. Многократные выполнения ведут к суммированию следов упражнения и увеличение амплитуды становится заметным. Рекомендуется выполнять упражнения на растягивание сериями по 6-12 раз, увеличивая амплитуду движений от серии к серии. Между сериями целесообразно выполнять упражнения на расслабление.

Серии упражнений выполняются в определенной последовательности:

- для рук;
- для туловища;
- для ног.

Более успешно происходит воспитание гибкости при ежедневных занятиях или 2 раза в день (в виде заданий на дом). Наиболее эффективно комплексное применение упражнений на растягивание в следующем сочетании: 40% упражнений активного характера, 40% упражнений пассивного характера и 20% - статического. Упражнения на растягивание можно включать в любую часть занятий, особенно в интервалах между силовыми и скоростными упражнениями.

В младшем школьном возрасте преимущественно используются упражнения в активном динамическом режиме, в среднем и старшем возрасте - все варианты. Причем, если в младших и средних классах развивается гибкость (развивающий режим), то в старших классах стараются сохранить достигнутый уровень ее развития (поддерживающий режим). Наилучшие показатели гибкости в крупных звеньях тела наблюдаются в возрасте до 13-14 лет.

Заканчивая рассмотрение развития физических качеств в процессе физического воспитания, следует акцентировать внимание на взаимосвязи их развития в школьном возрасте. Так, развитие одного качества способствует росту показателей других физических качеств. Именно эта взаимосвязь обуславливает необходимость комплексного подхода к воспитанию физических качеств у школьников.

Значительные инволюционные изменения наступают в пожилом и старческом возрасте (в связи с изменением состава мышц и ухудшением упруго-эластических свойств мышц и связок). Нужно противодействовать регрессивным изменениям путем использования специальных упражнений с тем, чтобы поддерживать гибкость на уровне, близком к ранее достигнутому.

Выносливость.

Выносливость определяет возможность выполне

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Проблемы современной астрофизики

Цель дисциплины:

- освоение студентами фундаментальных знаний в области основ астрофизики и методов их исследования, а также областей их практического применения.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области астрофизики как дисциплины, интегрирующей общефизическую и общетеоретическую подготовку физиков и обеспечивающей технологические основы современных инновационных сфер деятельности;

- обучение студентов принципам теоретической физики и астрофизики;

- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области астрофизики в рамках выпускных работ на степень магистра.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- современные проблемы физики, химии, математики;
- теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях;
- принципы симметрии и законы сохранения;
- новейшие открытия естествознания;
- постановку проблем физико-химического моделирования;
- о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;

- абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций;
- планировать оптимальное проведение эксперимента.

владеть:

- планированием, постановкой и обработкой результатов физического эксперимента; научной картиной мира;
- математическим моделированием физических задач.

Темы и разделы курса:

1. Введение в астрофизику. Эволюция звезд. Космология. Пространственно-временные масштабы в астрофизике.

Введение в астрофизику. Основные понятия. Пространственно-временные масштабы в астрофизике. Космология. Элементы Ньютоновской теории тяготения. Уравнение состояния звездного вещества. Перенос излучения. Система уравнений строения звезды. Ядерные реакции. Эволюция звезд.

2. Введение в звездную астрофизику. Полная система уравнений эволюции звезд. Основы теории строения звезд. Поздние стадии эволюции звезд и сверхновые. Теория устойчивости звезд.

Введение в звездную астрофизику. Простейшие модели звезд. Полная система уравнений эволюции звезд. Эволюция звезд после главной последовательности. Поздние стадии эволюции звезд и сверхновые. Элементы звездного нуклеосинтеза. Основы теории строения звезд. Теория устойчивости звезд. Процессы тепловыделения и теплоотвода. Теория подобия звездных моделей. Термоядерные процессы внутри звезд. Физика компактных объектов. Элементы звездного нуклеосинтеза.

3. Основы релятивистской гравитации. Уравнения для гравитационного поля. Основы космологии. Горячая Вселенная и холодная материя. Открытие «Расширения» Вселенной. Метрика Шварцшильда. Уравнения для гравитационного поля. Параметр Хаббла.

Основы астрометрии и космографии. Основы релятивистской гравитации. Уравнения для гравитационного поля. Основы космологии. Горячая Вселенная и холодная материя. Космография: расстояния во Вселенной. Открытие «Расширения» Вселенной. Метрика Шварцшильда. Уравнения для гравитационного поля. Уравнения движения как следствие уравнений ОТО. Основы космологии. Однородные и изотропные модели. Практическая космология. Параметр Хаббла. Равновесие сверхплотных звёзд, энергетика аккреции. Гравитационный коллапс, сверхмассивные чёрные дыры и квазары.

4. Белые карлики. Строение белых карликов. Массы белых карликов. Белые карлики как конечный продукт эволюции маломассивных звезд. Строение нейронных звезд. Наблюдения нейтронных звезд.

Белые карлики. Физика предсверхновых типа Ia. Нейтронные звезды. Строение белых карликов. Массы белых карликов. Белые карлики как конечный продукт эволюции маломассивных звезд. Строение нейтронных звезд. Наблюдения нейтронных звезд.

5. Классификация сверхновых. Строение предсверхновых звезд. Сверхновая 1987А в Большом Магеллановом Облаке. Термоядерный взрыв С-О ядра звезды.

Классификация сверхновых. Статистика вспышек сверхновых. Внутренняя и внешняя задачи гидродинамического моделирования вспышки сверхновой. Строение предсверхновых звезд. Сверхновая 1987А в Большом Магеллановом Облаке. Термоядерный взрыв С-О ядра звезды. Остатки вспышек сверхновых. Основные физические стадии вспышки сверхновой. Гидродинамические модели сверхновых разных типов.

6. Первичный нуклеосинтез в горячей Вселенной. Распространенность элементов. Кинетика ядерных реакций. Происхождение вещества. Кругооборот вещества во Вселенной. Термоядерные реакции и генерация энергии. Реакции распада и деления.

Дозвездная стадия эволюции вселенной. Первичный нуклеосинтез в горячей Вселенной. Распространенность элементов. Механизмы образования новых элементов. Кинетика ядерных реакций. Условия и особенности протекания быстрого (r) и медленного (s) нуклеосинтеза. Происхождение вещества. Классификация фундаментальных процессов нуклеосинтеза легких и тяжелых элементов. Кругооборот вещества во Вселенной. Термоядерные реакции и генерация энергии. Реакции распада и деления. Равновесный и взрывной нуклеосинтез внутри звезд. Реакции под действием нейтронов.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Программирование на C++

Цель дисциплины:

Изучение основ программирования с использованием языка C++, который является одним из основных языков программирования, применяемых при решении многих прикладных задач в области вычислительной физики и математики, в частности задач из области безопасности атомной энергетики

Задачи дисциплины:

- обучение студентов правилам, методам и приемам программирования с использованием языка C++ на различных уровнях;
- оказание консультаций и помощи студентам при самостоятельном программировании
- обучение студентов навыкам программной реализации изучаемых методов на языке C++.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные положения теории вероятностей, теории случайных процессов, математической статистики и их использование в моделировании физических процессов на C++;
- основы булевой алгебры;

уметь:

- работать с современной вычислительной техникой и системами
- выделять существенные и несущественные признаки при моделировании реальных физических ситуаций для дальнейшего программирования их на C++
- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных, прикладных и технологических задач;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;

- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для максимально эффективного программирования на C++.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы на ПК, в том числе в среде корпоративной сети и Интернета;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- математическим моделированием физических задач и программированием их на C++.

Темы и разделы курса:

1. Язык C. Основные понятия и синтаксис

1. Введение в курс. Что такое программирование, какие бывают основные парадигмы программирования. Язык C, его особенности, применение и возможности.
2. Основы синтаксиса C. Описание типов данных и операторов. Что такое переменная, константа, выражение. Основы ввода и вывода информации. Инициализация и объявление различных языковых сущностей. Обсуждение различных стилей форматирования текста программы.
3. Что такое условные операторы, логические операторы, циклы. Операторы if, switch, for, while.
4. Массивы, их представление средствами языка. Работа и правила использования массивов в C. Особенности строк в C.
5. Что такое указатели и ссылки. Правила работы с указателями в C. Безопасность и эффективность при использовании указателей.
6. Особенности функций в C. Что такое прототип, аргументы, тело функции. Различные виды функций. Передача по значению, указателю и ссылке.
7. Работа с внешними файлами. Правила форматированного ввода и вывода в C.
8. Структуры и другие способы организации данных. Перечисления и битовые поля. Обсуждение удобных и эффективных способов организации данных программы.
9. Обсуждение структуры программ на C: что такое хэдеры, где должны располагаться определения и почему интерфейсы и реализацию необходимо разделять. Что такое условная компиляция. Зачем нужны команды препроцессора и макросы.
10. Дополнительное обсуждение стилей форматирования исходного кода программы. Обсуждение базовых правил построения архитектуры программы.

2. Язык C++. Современный стандарт

1. Обсуждение вопроса отличий C++ от C. Что такое стандарт языка. Когда следует применять те или иные языковые и\или абстрактные конструкторы для решения определенных задач.
2. Понятие ООП. Что такое абстракция, инкапсуляция, наследование, полиморфизм, каковы причины возникновения этих концепций. Обсуждение правил организации больших программ на C++
3. Определение класса. Правила построения новых классов. Конструкторы и деструкторы классов. Инициализация и объявление класса. Особенности реализации ООП в C++. Подробное рассмотрение понятий абстракции и инкапсуляции.
4. Подробное рассмотрение понятий наследования и полиморфизма. Управление доступом к полям класса. Основные правила создания безопасных классов.
5. Перегрузка функций и операторов. Рассмотрение макросов, встроенных функций и других видов особых функций. Зачем нужны указатели на функцию.
6. Особенности современного стандарта C++. Обсуждение потоков при различных значениях этого термина. Введение в STL.
7. Подробное обсуждение того, что такое STL. Рассмотрение основных контейнеров, итераторов и алгоритмов, которые включены в STL..
8. Консультации студентов по вопросам, связанным с программированием их экзаменационного проекта. Повторение наиболее сложных разделов курса.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Программные средства физики высоких энергий

Цель дисциплины:

Основная цель этого курса – практическое освоение методов статистического анализа данных и их применения к задачам физики высоких энергий. Курс предназначен для студентов-экспериментаторов по физике высоких энергий, а также других специальностей.

Задачи дисциплины:

Основная задача этого курса – дать представление о программных средствах, применяемых в физике высоких энергий.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

методы статистического анализа данных.

уметь:

применять методы статистического анализа данных к задачам физики высоких энергий.

владеть:

компьютерными методами анализа результатов экспериментальных исследований в физике высоких энергий.

Темы и разделы курса:

1. Общие сведения о программных средствах, применяемых в ФВЭ. Среда программирования ROOT – общие сведения. Деревья. Фитирование данных.

Лекция 1. Общие сведения о программных средствах, применяемых в ФВЭ.

Моделирование и анализ данных. Метод Монте-Карло. Использование ГРИД технологий в современных экспериментах.

Лекция 2. Среда программирования ROOT – общие сведения.

Общая структура, информационные ресурсы. Варианты установки на разных платформах. Основные моды работы со средой программирования

Лекция 3. Основные объекты.

Базовые классы – TObject, TNamed, Гистограммы, функции, графики. Основные приёмы работы с канвой.

Лекция 4. Деревья

Структура и основные методы класса TTree, Чтение и запись деревьев, объединение деревьев. Работа с деревьями с помощью метода MakeClass.

Лекция 5. Фитирование данных..

Общие принципы фитирования данных. Фитирование в среде программирования ROOT. Фитирование в заданном диапазоне.

2. Нейронные сети.

Алгоритмы выделения струй.

ГРИД

Задания в ГРИД.

Лекция 6. Нейронные сети.

Основные методы MVA. Boosted decision tree

Лекция 7 Алгоритмы выделения струй.

Взаимосвязь кварков, глюонов и струй. Алгоритмы выделения струй кТ, анти кТ, Кембридж-Аахен, конусный. Свойства струй в зависимости от радиуса.

Лекция 8. ГРИД

Характеристики и типы ГРИД - систем. ГРИД ресурсы и виртуальные организации. Архитектура ГРИД

Лекция 9. Задания в ГРИД.

Типы заданий. Запуск заданий и получение результатов.

3. Семинары

Семинар 1. Основные методы работы в ROOT.

Запуск интерактивных задач, компиляция с помощью ACLICK, варианты работы с канвой.

Семинар 2. Методы работы с деревьями

Запись и чтение деревьев. Построение гистограмм по переменным входящим в дерево с дополнительными условиями. Объединение двух и более деревьев, объединение наборов отобранных событий.

Семинар 3. Моделирование отклика калориметра.

Применение методов Монте-Карло для изучения отклика детектора. Моделирование реакции образования двух нейтральных пионов с последующим распадом на гамма-кванты. Построение спектров инвариантных масс пар гамма-квантов с учётом различного разрешения калориметров.

Семинар 4. Фитирование распределений по инвариантной массе пар гамма квантов.

Итерирование объектов. Структура памяти. Автоматизация фитирования набора гистограмм.

Семинар 5. Методы выделения электронов и мюонов в событиях.

Чтение деревьев со структурой события с реальных экспериментов на БАК. Понятия изолированности лептонов. Методы выделения Z- и W-бозонов.

Семинар 6. Метод BDT

Выделение сигнала с помощью BDT. Оптимизация отбора событий с целью получения наиболее сильного сигнала..

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Прохождение заряженных частиц и квантов света через вещество

Цель дисциплины:

- изучение физических основ прохождения излучения через вещество;
- приобретение навыков использования полученных знаний в исследовательской работе.

Задачи дисциплины:

- освоение студентами базовых знаний в области прохождения излучения через вещество;
- приобретение теоретических знаний в области изучения прохождения тяжелых заряженных частиц, бета-частиц и фотонов через вещество;
- оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных теоретических и ориентированных на практическое применение исследований в области прохождения излучения через вещество;
- приобретение навыков применения полученных знаний в смежных и междисциплинарных научных областях.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики;
- порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;
- современные проблемы физики и математики;
- общие подходы к решению прикладных и теоретических задач прохождения заряженных частиц и квантов света через вещество.

уметь:

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;

- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
- эффективно использовать полученные знания, имеющиеся методы решения задач прохождения заряженных частиц и квантов света через вещество для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
- навыками теоретического анализа реальных задач, связанных с прохождением заряженных частиц и квантов света через вещество.

Темы и разделы курса:

1. Удельные ионизационные потери.

Классический и квантовомеханический подход к проблеме ионизационного торможения тяжелых заряженных частиц. Вывод формулы Бора и формулы Бете-Блоха.

2. Зависимость пробега-энергия.

Средний пробег, экстраполированный пробег, разброс пробегов. Полуэмпирические формулы пробегов.

3. Дельта-электроны. Связь потерь энергии с ионизацией.

Получение энергетического спектра дельта-электронов. Первичная, вторичная и полная ионизация.

4. Многократное кулоновское рассеяние.

Формула Резерфорда. Средний угол рассеяния и его связь со средним смещением.

5. Флуктуации потерь энергии.

Причины флуктуаций. Пределы применимости распределений Ландау, Вавилова и гауссовского.

6. Методы детектирования заряженных частиц.

Обзор методов детектирования и их связь с ионизационными потерями энергии.

7. Удельные ионизационные потери.

Формулы удельных ионизационных потерь бета-частиц. Учет тождественности частиц. Формулы Мота.

8. Радиационное торможение электронов.

Тормозное излучение электронов. Радиационная единица, критическая энергия.

9. Черенковское рассеяние.

Черенковское рассеяние. Вывод формулы для угла излучения.

10. Многократное кулоновское рассеяние электронов.

Формула Резерфорда для электронов. Многократное кулоновское рассеяние электронов.

11. Флуктуации потерь энергии.

Флуктуации потерь энергии электронов. Прохождение через фольги.

12. Поглощение гамма-лучей.

Фотоэффект. Рентгеновское излучение, электроны Оже.

13. Рассеяние гамма-лучей.

Томсоновское рассеяние. Комптоновское рассеяние.

14. Образование пар.

Образование электрон-позитронных пар.

15. Общий характер взаимодействия фотонов со средой.

Полное сечение поглощения. Понятие об альбедо.

16. Электронно-фотонные ливни.

Электронно-фотонные ливни. Введение в физику космических лучей. Атмосферные ливни.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Радиофизические методы космических исследований

Цель дисциплины:

Обеспечить базовые знания для понимания идей и основ радиотеплового дистанционного зондирования Земли, принципов работы приборов, привлечь внимание студентов к методам дистанционного зондирования, используемым для космической физики

Задачи дисциплины:

Обеспечить необходимые сведения о методах и приборах радиотеплового зондирования Земли и других космических объектах. Дать необходимый теоретический минимум в теории переноса излучения и теории рассеяния

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основы теории переноса излучений и рассеяния, основы методов дистанционного зондирования, устройство микроволновых радиометров и антенных систем

уметь:

применять теорию рассеяния и переноса излучения для интерпретации радиоволновых данных

владеть:

набором методов дистанционного зондирования, наиболее соответствующих специфике космических данных

Темы и разделы курса:

1. Научные и прикладные аспекты дистанционного зондирования

Дистанционное зондирование: определение, задачи, основные элементы. Волновая природа и спектр электромагнитных волн, уравнения Максвелла. Диапазоны. Особенности и

возможности активных и пассивных систем. Дистанционные методы исследования Земли, планет и космического пространства.

2. Введение в статистическую радиофизику. Случайные сигналы и поля

Предмет «Статистическая радиофизика». Случайные сигналы и поля (основные характеристики и определения). Основы корреляционной теории случайных процессов. Стационарные случайные процессы. Эргодические случайные процессы. Квазиэргодические процессы. Обнаружение сигнала на фоне шумов. Линейные и нелинейные системы и среды. Линейные и нелинейные преобразования случайных процессов. Фильтр низких частот. Безынерционное квадратичное преобразование. Измерение интенсивности (мощности) шумового сигнала.

3. Тепловые флуктуации и их фундаментальные закономерности

Тепловые флуктуации. Тепловое излучение. Формула Найквиста. Флуктуационно-диссипационная теорема. Тепловые флуктуации в электродинамике.

4. Законы излучения. Особенности излучения плоскостойких сред

Термодинамическое и локальное термодинамическое равновесие. Естественные радиоизлучения. Основные характеристики поля излучения. Модель абсолютно черного тела. Закон Кирхгофа. Законы излучения абсолютно черного тела. Радиоизлучение «серых» тел. Яркостная температура. Отражение и преломление плоских волн на плоской границе раздела. Поляризационные особенности излучения серого полупространства. Особенности излучения плоскостойких сред. Метод характеристических матриц. Метод импедансов.

5. Микроволновые радиометры

Основные типы пассивных микроволновых устройств. Основные задачи и составляющие радиометрического приёмного комплекса. Основные элементы микроволнового радиометра и их функции. Язык эквивалентных схем. Компенсационная схема измерения шумового сигнала. Флуктуационный порог чувствительности радиометрических систем. Фликкер-шум. Модуляционный метод измерения шумового сигнала. Квазинулевой режим. Схемы радиометров. Экспериментальное определение основных параметров радиометров. Предельные чувствительности радиометрических систем.

6. Антенные системы и радиотепловые комплексы

Антенна (назначение). Принцип взаимности. Основные характеристики антенн. Микроволновые антенны. Антенная и яркостная температура. Коэффициент рассеяния антенн. Антенная температура с потерями. Пространственно-временная динамика при пассивном дистанционном зондировании. Уравнением антенного сглаживания. Классификация антенн. Фазированная антенная решетка. Методы расчета антенн. Калибровка радиотепловых комплексов. Параметры радиотепловых космических комплексов и их функции. Общие сведения о радиоастрономии. Радиотелескопы. Радиоинтерферометрия со сверхдлинными базами. Космические радиотелескопы. Механизмы радиоизлучения. Основные радиоисточники и их характеристики. Исследование анизотропии реликтового фона.

7. Оптические (диэлектрические) свойства объемного вещества

Оптические (диэлектрические) свойства объемного вещества, классические теории оптических постоянных: модель Лоренца, многоосцилляторная модель, модель

анизотропных осцилляторов, модель Друде, модели релаксационной поляризации (Дебая, Коула-Коула, Дэвидсона-Коула и т.д.). Многорелаксационная модель. Соотношение Крамерса-Кронига. Примеры характерных веществ (металлы, полупроводники, диэлектрики). Диэлектрические характеристики пресной и соленой воды, пресноводного льда, связанной воды. Модели диэлектрических свойств этих сред.

8. Основы теории переноса излучения

Теоретические методы при анализе распространения и рассеяния электромагнитных волн в случайно-неоднородных средах. Уравнение теории переноса излучения (УТПИ). Двухпотокное приближение. Граничные условия. Излучающая и поглощающая среда (примеры). Методы решения УТПИ в задачах микроволновой радиометрии. Яркий контраст. Угловые и поляризационные зависимости. Метод разрезов.

9. Основы теории рассеяния

Ослабление, поглощение и рассеяние электромагнитных волн уединенной частицей. Общие свойства сечений. Оптическая теорема. Рэлеевское рассеяние. Понятие о теории Ми. Частицы сложной формы. Неоднородные частицы. Распределение частиц по размерам. Эффективная диэлектрическая проницаемость. Модели смеси. Квазиволновая модель. Рассеяние в облаке частиц: ограничения теории однократного рассеяния; первое приближение многократного рассеяния; диффузионное приближение; понятие теории многократного рассеяния (теория Тверского). Рассеяние волн шероховатой поверхностью: общие характеристики, критерий Рэля, модели. Метод малых возмущений. Метод Кирхгофа. Двухмасштабная модель. Приближенные методы.

10. Излучение земных покровов

Поглощение и рассеяние в природных средах: почвы, снежный покров, морской лед, пресноводный лед, ледники. Излучательные характеристики земных покровов: соленая и пресная вода, морские и ледниковые льды, снежный покров, почва.

11. Селективные излучения

Селективные излучения. Принцип детального равновесия. Квантовая формулировка уравнения переноса излучения. Механизмы уширения спектральных линий. Прохождение излучения через слой газа. Перенос микроволнового излучения в атмосфере земли. Радиоизлучение земной атмосферы. Модели земной атмосферы.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Расходимости в квантовой теории поля

Цель дисциплины:

ознакомление с основными идеями и методами теории перенормировок, используемыми в теоретической физике.

Задачи дисциплины:

ознакомить студентов с основными понятиями и идеями теорий перенормировок, с постановкой задач и подходами к их решениям. Предполагается, что, прослушав этот курс, студенты смогут использовать методы и подходы этой области в своей научно-исследовательской работе.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия по теме дисциплины.

уметь:

- пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования, решать задачи по теме дисциплины.

владеть:

- математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

Темы и разделы курса:

1. Функциональные методы квантовой теории поля

Функциональное квантование скалярных полей, векторных полей, спинорных полей.

2. Систематика перенормировок

Подсчет расходимостей. Перенормируемая теория возмущений. Перенормировка квантовой электродинамики.

3. Перенормировка и симметрия

Эффективное действие как производящий функционал. Перенормировка и симметрия: общий анализ. Спонтанное нарушение симметрии: явный пример.

4. Ренормализационная группа

Вильсоновский подход. Эволюционные уравнения. Перенормировка локальных операторов.

5. Асимптотическая свобода

Однопетлевые расходимости в неабелевой калибровочной теории. Асимптотическая свобода: метод фонового поля.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Релятивистская и плазменная астрофизика

Цель дисциплины:

освоение студентами фундаментальных знаний в области физики плазмы, магнитной гидродинамики и космической плазменной астрофизики и методов их исследования, а также областей их практического применения.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области физики плазмы, магнитной гидродинамики и космической плазменной астрофизики как дисциплины, интегрирующей общефизическую и общетеоретическую подготовку физиков и обеспечивающей технологические основы современных инновационных сфер деятельности;
- обучение студентов принципам теоретической физики и астрофизики;
- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области астрофизики в рамках выпускных работ на степень магистра.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- место и роль релятивистской и плазменной астрофизики в научных исследованиях;
- современные проблемы релятивистской и плазменной астрофизики;
- теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в астрофизических источниках;
- новейшие открытия в астрофизике.

уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания.

владеть:

-навыками обработки результатов наблюдений;

-навыками самостоятельной теоретической работы по исследованию процессов, происходящих в космосе.

Темы и разделы курса:

1. Релятивистские объекты в астрофизике.

Нейтронные звезды и черные дыры. Роль магнитного поля.

2. Аккреция Бонди. Эжекция Паркера.

Аккреция Бонди. Условия на звуковой поверхности. Определение темпа аккреции.

Эжекция Паркера. Условия на звуковой поверхности.

3. Подход Грэда-Шафранова. Нерелятивистская и релятивистская версии.

Нерелятивистская версия. Уравнение Грэда-Шафранова. Бессиловое приближение.

Ковариантная запись уравнения Грэда-Шафранова. Релятивистская версия – точные решения.

4. Аккреция пыли на вращающуюся черную дыру.

Аккреция пыли на вращающуюся черную дыру. Аккреция Бонди-Хойла.

5. Радиопульсары.

Астрофизический обзор. Модель полого конуса.

6. Радиопульсары. Строение магнитосферы.

Магнитосфера нейтронной звезды. Пульсарное уравнение.

7. Радиопульсары. Торможение токами.

Торможение ортогонального и наклонного ротатора.

8. Черные дыры - астрофизический обзор.

Магнитосфера черной дыры. Проблема ‘центральной машины’.

9. Черные дыры.

Теорема об отсутствии волос. Термодинамика черных дыр.

10. Магнитосфера черной дыры.

Релятивистская версия бессилового уравнения Грэда-Шафранова.

11. Процесс Блендфорда-Знайека.

Эффект Блендфорда-Знайека. Отсутствие поверхностных токов.

12. Струйные выбросы из активных галактических ядер и молодых звезд.

Астрофизический обзор.

13. Полная МГД версия уравнения Грэда-Шафранова.

Проблема прохождения особых поверхностей.

14. Цилиндрические и другие точные решения.

Анализ решений, следствия. Асимптотики. Сравнение с результатами численного моделирования.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Рентгенография и микроскопия

Цель дисциплины:

формирование базовых знаний по физическим основам методов структурного анализа материалов, знакомство с основными методами исследования атомной структуры вещества; дальнейшее использование полученных знаний в других областях физики конденсированного состояния, химии, биологии и других дисциплин естественнонаучного содержания; формирование физико-математической культуры, исследовательских навыков и способности применять эти знания на практике.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся базовых знаний по рентгеноструктурному анализу материалов;
- формирование физико-математической культуры: умение логически мыслить, проводить доказательства основных утверждений, устанавливать логические связи между понятиями;
- формирование умений и навыков применять полученные знания для решения структурных задач, самостоятельного анализа полученных результатов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия симметрии кристаллов;
- основные понятия теории рассеяния волн, частиц;
- основные закономерности физики дифракции;
- особенности дифракции рентгеновских лучей, электронов, нейтронов;
- дифракция на примитивной и сложной решетках;
- влияние теплового движения атомов на процессы рассеяния;
- рассеяние на сложных объектах: аморфные вещества, кристаллы, квазикристаллы, модулированные кристаллы, паракристаллы, низкоразмерные системы, нанокристаллы.

уметь:

сопоставлять данные, полученные разными методами для одного и того же объекта.

владеть:

– применением главных закономерностей дифракции, основных методов анализа дифракционной картины.

Темы и разделы курса:

1. Основные понятия симметрии кристаллов.

Симметрия кристаллов. Симметрия внешней огранки кристаллов. Основные элементы симметрии и их сочетания.

Точки-узлы, узловыe ряды и узловыe плоскости в кристаллической решетке. Методы их обозначения. Индексы Миллера.

Методы изображения и описания кристаллов и их симметрии. Стереографические проекции. Сетка Вульфа.

Группы симметрии. Симметрия и физические свойства. Точечные группы симметрии и их связь с внешней формой и огранкой кристаллов. Обозначения, названия и особенности 32 групп точечной симметрии.

Классы симметрии и сингонии. 14 классов симметрии - решетки Браве. Пространственные группы и что они описывают. 230 пространственных групп. Правильные системы точек. Интернациональные таблицы.

Основные понятия теории симметрии кристаллов.

2. Дифракционные методы исследования структуры материалов.

Открытие рентгеновских лучей. Методы получения рентгеновских лучей. Волновая природа рентгеновского излучения. Тормозной и характеристический спектр рентгеновского излучения. Интенсивность рентгеновского излучения. Закон Мозли. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Спектры поглощения. Фильтры. Флуоресценция. Возможности повышения интенсивности рентгеновских источников. Синхротроны. Методы регистрации рентгеновского излучения.

Кинематическое и динамическое приближения теории рассеяния. Основные положения кинематического приближения теории рассеяния. Рассеяние рентгеновских лучей на свободных электронах. Связанные электроны. Атомный фактор рассеяния.

Интерференционная функция Лауэ. Понятие обратной решетки. Свойства обратной решетки. Аппарат Фурье и обратная решетка. Геометрическая интерпретация условий дифракции. Сфера Эвальда и сфера ограничений.

Сложная решетка. Структурная амплитуда. Интенсивность рефлексов в сложной решетке. Законы погасаний рефлексов в сложной решетке.

Рассеяние в неупорядоченных системах. Рассеяние на случайных скоплениях атомов. Атомный фактор рассеяния.

Рассеяние рентгеновских лучей на колеблющихся атомах решетки. Влияние температуры. Температурный фактор Дебая-Валлера.

Рассеяние молекулами разреженного газа. Радиальная функция межатомных расстояний. Рассеяние системами с непрерывным распределением межатомных расстояний. Уравнение Дебая.

Текстуры. Рассеяние в текстурированных системах. Методы описания. Полусные фигуры.

Рассеяние на тонких пленках на поверхности подложек и в многослойных геттеросистемах.

Рассеяние на некристаллических объектах. Аморфные структуры.

Малоугловое рассеяние. Фактор формы. Роль нулевого узла обратной решетки. Методы определения размеров и формы частиц.

Влияние размеров частиц и величины микродеформаций на ширину дифракционных линий. Анализ формы дифракционных линий. Определение размеров кристаллитов.

Рассеяние в низкоразмерных и пористых структурах.

Особенности рассеяния в наноструктурах.

Особенности дифракции нейтронов и электронов. Волновые свойства частиц. Источники электронов. Основные особенности рассеяния электронов кристаллической решеткой. Источники нейтронов. Основные особенности рассеяния нейтронов. Области применения дифракции электронов и нейтронов.

3. Структурный анализ материалов. Определение симметрии, параметров решетки и структуры кристаллов дифракционными методами.

Метод Лауэ и его техническая реализация. Механизмы образования и анализ лауэграмм. Получаемая информация о кристаллической структуре.

Метод дебаеграмм. Физика и техника получения рентгенограмм поликристаллов. Анализ экспериментальных дебаеграмм. Получаемая информация.

Дифрактометрия. Возможности автоматизации сбора дифракционных данных. Переход к цифровому представлению дифракционной картины. Повышение точности эксперимента.

Структурный анализ при низких и высоких температурах. Основные принципы устройства низкотемпературных и высокотемпературных камер для сбора дифракционной информации.

Рассеяние на структурах, состоящих из смесей веществ. Качественный и количественный фазовый анализ сложных материалов.

Структурный анализ текстур. Экспериментальное получение полюсных фигур.

Полный структурный анализ, получение карт распределения электронной плотности в элементарной ячейке кристалла. Фазовая проблема. Методы расшифровки кристаллических структур (метод межатомной функции - функция Патерсона, статистические методы определения фаз, метод тяжелого атома, методы неравенств, метод оврагов, метод проб и ошибок и пр.). Определение координат атомов. Оценки точности структурного анализа.

4. Электронная микроскопия.

Электронная микроскопия высокого разрешения. Основные характеристики оптических систем. Основы оптической микроскопии. Типы контраста (амплитудный и фазовый контраст). Формирование изображения в оптической системе. Микроскоп как дифракционный прибор. Подход Аббе Передаточная функция оптической системы. Разрешение. Классическая схема электронного микроскопа. Источник электронов. Фокусирующие системы. Высокое ускоряющее напряжение. Плоскость изображения и плоскость дифракции. Анализ aberrаций в электронном микроскопе “Тонкий” фазовый объект в электронной микроскопии. Анализ передаточной функции электронного микроскопа. Метод оптического дифрактометра для экспериментального исследования передаточной функции.

Методы численного моделирования изображения высокого разрешения на ЭВМ. Примеры использования методов электронной микроскопии высокого разрешения.

Основы растровой электронной микроскопии (РЭМ). Устройство и принцип работы РЭМ. Формирование электронного зонда. Детекторы сигналов в РЭМ. Взаимодействие электронного пучка с веществом. Основные механизмы потерь энергии электронов в веществе (упругие и неупругие потери). Основные источники сигналов, используемых для формирования изображения в РЭМ (отраженные электроны; вторичные электроны; рентгеновское излучение; оже-электроны; катодоллюминесценция; наведенный ток). Область взаимодействия электронов зонда с веществом мишени. Формирование контраста в РЭМ. Основные механизмы формирования изображения в РЭМ. Методы обработки видеосигнала в РЭМ. Рентгеновский микроанализ. Методы регистрации рентгеновского спектра. Основные поправки, вводимые в количественном анализе. Примеры использования методов РЭМ.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Русский язык как иностранный

Цель дисциплины:

Формирование и развитие социальных, деловых, межкультурных и профессионально-ориентированных коммуникативных компетенций по общеевропейской шкале уровней владения иностранными языками для решения коммуникативных задач в социокультурной, академической и профессионально-деловой сферах деятельности, а также для развития профессиональных и личностных качеств выпускников бакалавриата.

Задачи дисциплины:

Сформировать способность обучающегося языковыми средствами решать коммуникативные задачи в различных ситуациях межкультурного общения, осуществлять межличностное и профессиональное общение на иностранном языке с учётом особенностей культуры изучаемого языка, а также умение преодолевать межкультурные различия в ситуациях в ситуациях общебытового, социального и профессионального общения. Для достижения целей и задач освоения дисциплины, обучающиеся должны овладеть иноязычной общепрофессиональной коммуникативной компетенцией, включающей в себя:

Лингвистическую компетенцию: способность в соответствии с нормами изучаемого языка правильно конструировать грамматические формы и синтаксические построения.

Социолингвистическую компетенцию (способность использовать и преобразовывать языковые формы в соответствии с ситуацией иноязычного общения).

Социокультурную компетенцию: способность учитывать в общении речевое и неречевое поведение, принятое в стране изучаемого языка.

Социальную компетенцию: способность взаимодействовать с партнерами по общению, владение соответствующими стратегиями.

Дискурсивную компетенцию (способность понять и достичь связности отдельных высказываний в значимых коммуникативных моделях)

Стратегическую компетенцию: умение пользоваться наиболее эффективными стратегиями при решении коммуникативных задач.

Предметную компетенцию: знание предметной информации при организации собственного высказывания или понимания высказывания других людей.

Прагматическую компетенцию: умение выбирать наиболее эффективный и целесообразный способ выражения мысли в зависимости от условий коммуникативного акта и поставленной задачи.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- не менее 6000 лексических единиц, в том числе базовую лексику и терминологию для академического, научного и профессионального общения.
- основные фонетические, лексические и грамматические явления и структуры, используемые в устной и письменной речи при общении на русском языке, их отличие от родного языка для аргументированного и логичного построения высказываний, позволяющих использовать изучаемый язык в повседневной, академической, научной, деловой и профессиональной коммуникации;
- особенности видов речевой деятельности на русском языке;
- межкультурные различия, культурные традиции и реалии, языковые нормы, социокультурные особенности поведения россиян, русский речевой этикет при устной и письменной межличностной коммуникации, межкультурном общении;
- особенности русскоязычной академической коммуникации, приемы извлечения и сообщения информации в академических целях;
- основы организации письменной коммуникации, типы коммуникативных задач письменного общения и функции письменных коммуникативных средств;
- специфику использования вербальных и невербальных средств в ситуациях иноязычной коммуникации;
- риторические приемы, используемые в различных видах коммуникативных ситуаций;
- виды и особенности письменных текстов и устных выступлений, общее содержание сложных текстов на абстрактные и конкретные темы, особенности иноязычных текстов, универсальные закономерности структурной организации текста, в том числе узкоспециальных текстов;
- достижения, открытия, события из области истории, культуры, политики, социальной жизни англоязычных стран;
- стандартные типы коммуникативных задач, цели и задачи деловых переговоров, социокультурные особенности ведения деловых переговоров, коммуникативно-прагматические и жанровые особенности переговоров;
- основные виды, универсальные правила, нормы официальных и деловых документов, особенности их стиля и оформления деловой переписки;
- правила использования различных технических средств с целью поиска и извлечения информации, основные правила определения релевантности и надежности русскоязычных источников, анализа и синтеза информации.

уметь:

- понимать и использовать языковые средства во всех видах речевой деятельности на русском языке;
- поддерживать разговор на русском языке в различных сферах общения: бытовых, социально-культурных, общественно-политических, профессиональных;
- соблюдать речевой этикет в ситуациях повседневного и делового общения (устанавливать и поддерживать контакты, завершать беседу, запрашивать и сообщать информацию, побуждать к действию, выражать согласие/несогласие с мнением собеседника, просьбу);
- устно реализовать коммуникативное намерение с целью воздействия на партнера по общению начинать, вести/поддерживать и заканчивать диалог-расспрос об увиденном, прочитанном, диалог-обмен мнениями и соблюдая нормы речевого этикета, при необходимости используя стратегии восстановления сбоя в процессе коммуникации (переспрос, перефразирование и др.);
- письменно реализовывать коммуникативные намерения (информирование, запрос, просьба, согласие, отказ, извинение, благодарность);
- извлекать общую и детальную информацию при чтении аутентичных англоязычных текстов, в том числе научно-публицистических;
- сообщать информацию на основе прочитанного текста в форме подготовленного монологического высказывания (презентации по предложенной теме;
- понимать монологические и диалогические высказывания при непосредственном общении и в аудио/видеозаписи;
- понимать коммуникативные интенции полученных письменных и устных сообщений;
- развертывать предложенный тезис в виде иллюстрации, детализации, разъяснения;
- использовать современные информационные технологии для профессиональной деятельности, делового общения и саморазвития;
- передать на русском языке содержание англоязычных научных и публицистических текстов в сфере профессиональной деятельности;
- подбирать литературу по теме, составлять двуязычный словарь, переводить и реферировать специальную литературу, подготавливать научные доклады и презентации на базе прочитанной специальной литературы, объяснить свою точку зрения и рассказать о своих планах;
- выбирать речевое поведение, тактики и стратегии в соответствии с целями и особенностями коммуникации;
- осуществлять устное и письменное иноязычное общение в соответствии со своей сферой профессиональной деятельности;
- учитывать особенности поведения и интересы других участников коммуникации, анализировать возможные последствия личных действий в социальном взаимодействии и командной работе, и с учетом этого строить продуктивное взаимодействие в коллективе;
- использовать приемы и принципы построения публичной речи для сообщения;

- профессионально-ориентированного содержания на английском языке;
- описать графическую информацию (круговая гистограмма, таблица, столбиковый и линейный графики); написать короткую статью на заданную тему;
- реферировать и аннотировать иноязычные профессиональные тексты;
- уметь представлять результаты исследования в письменной и устной форме;
- выполнять перевод профессиональных текстов с родного языка на русский язык с учетом лексико-грамматических и стилистических особенностей языка оригинала и языка перевода и стандартных способов решения коммуникативных задач в области профессиональной деятельности;
- применять информационно-коммуникативные технологии в общении и речевой деятельности на иностранном языке;
- уметь выявлять и формулировать проблемы, возникающие в процессе изучения иностранного языка; оценивать свои возможности, реалистичность и адекватность намеченных способов и путей достижения планируемых целей.

Владеть:

- межкультурной профессионально ориентированной коммуникативной компетенцией в разных видах речевой деятельности;
- различными коммуникативными стратегиями: учебными стратегиями для организации своей учебной деятельности; стратегиями рефлексии и самооценки в целях самосовершенствования личных качеств и достижений; стратегиями восприятия, анализа, создания устных и письменных текстов разных типов; Интернет-технологиями для выбора оптимального режима получения информации; компенсаторными умениями, помогающими преодолеть «сбои» в коммуникации, вызванные объективными и субъективными, социокультурными причинами;
- разными приемами запоминания и структурирования усваиваемого материала;
- навыками эффективного взаимодействия с другими участниками коммуникации;
- презентационными технологиями для сообщения информации;
- технологиями командных коммуникаций, позволяющими достигать поставленной задачи
- риторическими техниками;
- различными видами чтения (поисковое, ознакомительное, аналитическое) с целью извлечения информации;
- методом поиска и анализа информации из различных источников в профессиональной области;
- навыками аннотирования и реферирования оригинальных научно-публицистических статей;
- приемами оценки и самооценки результатов деятельности по изучению иностранного языка

- приемами выявления и осознания своих языковых возможностей, личностных и профессионально-значимых качеств с целью их совершенствования;
- умением понимать речь носителей и не носителей языка в нормальном темпе и адекватно реагировать с учетом культурных норм международного общения;
- умением создавать ясные, логичные высказывания монологического и диалогического характера в различных ситуациях бытового и профессионального общения, пользуясь необходимым набором средств коммуникации;
- приемами публичной речи и делового и профессионального дискурса на русском языке.

Темы и разделы курса:

1. Тема 1. Наука и образование

Система образования в России и в родной стране. Мой университет. Система Физтеха. Наука и научные отрасли. Образ современного ученого. Новые направления в науке. Жизнь в поиске. Наука университета. Путь от бакалавра до нобелевского лауреата.

Коммуникативные задачи: Знакомиться, инициировать беседу с незнакомым человеком; сообщать и запрашивать информацию о системе образования в России и в родной стране, о системе занятий в университете, о целях, причинах, возможностях деятельности, а также уточнять, выяснять и объяснять факты и события; выражать и выяснять рациональную оценку (оценивать целесообразность, эффективность, истинность); обобщать информацию и делать выводы; написать отчет по лабораторной работе.

Лексика: Лексико-семантические группы (ЛСГ) «Система образования», «Науки и научные отрасли», «Глаголы мыслительной деятельности (с продуктивными приставкам)»; этикетные формулы приветствия и прощания, начала разговора (средний стилевой регистр); РС знакомства; термины механики.

Грамматика: Род существительных на -ь, несклоняемые существительные, существительные общего рода (он сирота, он умница), употребление существительных мужского рода со значением профессии, должности, звания (Профессор Иванова сделала доклад); число существительного (трудные случаи); падежная система (повторение); пассивные конструкции в научном тексте.

Фонетика: корректировка фонетических трудностей в области ритмики и словесного ударения.

2. Тема 2. Выдающиеся личности науки и культуры

Великие имена, открытия и достижения (А.С. Пушкин, Н.И. Вавилов, В.И. Вернадский, Н.С. Гумилев и др.). Выдающиеся деятели науки и искусства в родной стране, лауреаты нобелевской премии и их открытия Секреты успеха. Выбор профессии.

Коммуникативные задачи: Инициировать, вступать и поддерживать беседу о человеке, характере, биографических и исторических событиях; высказывать мнение о причинах и возможностях общественного успеха; сообщать и запрашивать информацию о целях,

причинах, возможностях; рассказать и расспросить о жизни и творчестве человека (устная биография, интервью); написать автобиографию, характеристику.

Лексика: ЛСГ «Черты личности», «Сферы культуры», «Глаголы речи (с продуктивными приставками)»; РС уточнения, переспроса, выяснения и объяснения.

Грамматика: родительный падеж существительного в объектном значении (я жду помощи от вас, я не знал этого факта), в субъектном значении после отглагольных существительных (замечания коллег), назначение предмета (книга для чтения), причина действия (деформироваться от нагрева); конструкции научной речи с родительным падежом; выражение определительных отношений (пассивные причастия настоящего и прошедшего времени); выражение временных отношений; числительные порядковые и собирательные (правила склонения и употребления); полные и краткие прилагательные (трудные случаи употребления).

Фонетика: корректировка фонетических трудностей в области произношения русских согласных звуков.

3. Тема 3. Язык науки как средство познания и коммуникации

Язык науки как компонент естественнонаучного образования в технических вузах. Жанры научного стиля. Описание характера и свойств. Согласованность науки с ценностями гуманизма и гуманистический вклад науки в общественное развитие. Миссия ученого в современном мире. Научные исследования как вклад в будущее цивилизации.

Коммуникативные задачи: сообщать о научных фактах и явлениях; выражать и выяснять интеллектуальную отношение к факту (намерение, предположение, осведомлённость); конспектировать звучащий аутентичный текст по специальности; изложение (описание).

Лексика: ЛСГ «Глаголы движения»; этикетные формулы приглашения, согласия/отклонения приглашения, поздравления; терминологический аппарат механики.

Грамматика: выражение субъектно-объектных отношений (активные и пассивные конструкции СВ), выражение определительных отношений (активные причастия настоящего и прошедшего времени); существительные с обобщённо-абстрактным значением. Отглагольные существительные.

4. Тема 4. Язык науки как симбиоз естественного и искусственного языков

Классификация и сравнение. Структурные особенности языка науки. Согласованность науки с ценностями гуманизма и гуманистический вклад науки в общественное развитие. Ответственное использование науки на благо общества.

Коммуникативные задачи: Приводить и разъяснять классификацию научных явлений, взаимодействие и взаимовлияние элементов и явлений (устно и письменно); составить глоссарий к научной работе; конспект звучащего текста по специальности; давать развёрнутый монологический ответ и делать презентацию по научной теме (вопрос по выбору по профилирующему предмету).

Лексика: вводные слова со значением последовательности развития мысли; терминологический аппарат в соответствии с изучаемым разделом профилирующей дисциплины.

Грамматика: Конструкции, выражающие субъектно-объектные отношения (что делится, подразделяется на что, в чём выделяется что, кто разделил что на что, выделил в чём что, что влияет/ воздействует на что и т.п.); индивидуальный разбор и отработка грамматических явлений, встречающихся в текстах по специальности и вызывающих затруднения.

Фонетика: Отработка фонетического чтения научного текста.

5. Тема 5. Студенческая жизнь

Организация учёбы и работы. Свободное время, увлечения. Профессии, карьера.

Коммуникативные задачи: сообщать и запрашивать информацию о профессиях, специфике и условиях работы; расспрашивать, уточнять, дополнять. Выражать согласие/несогласие; выражать и выяснять интеллектуальную оценку (предпочтение, мнение, предположение), морально-этическую оценку (одобрение, порицание), социально-правовую оценку (оправдывать, защищать, обвинять).

Лексика: ЛСГ «Профессии», «Карьера»; «Глаголы учебной деятельности с приставками», РС социально-правовой оценки (обвинения и защиты) и моральной оценки (похвала, порицание, осуждение).

Грамматика: Предложный падеж с объектным значением (заботиться о здоровье), времени действия (при подготовке к экзамену). Виды глагола: употребление глаголов совершенного и несовершенного видов в инфинитиве; употребление глаголов совершенного и несовершенного видов с отрицанием; употребление глаголов совершенного и несовершенного видов в императиве, в простом и сложном предложении.

Фонетика: отработка выразительного чтения художественного (поэтического) текста.

6. Тема 6. Язык моей специальности: основные термины

Язык специальности: основные термины. Логико-речевое доказательство.

Коммуникативные задачи: Сообщать и запрашивать информацию о целях, причинах, возможностях, а также уточнять, выяснять и объяснять факты и события; выражать и выяснять рациональную оценку (оценивать целесообразность, эффективность, истинность); обобщать информацию и делать выводы; написать аннотацию печатного текста по специальности.

Лексика: Многозначность слова (решить задачу – решить проблему; найти ответ – найти себя и т.п.); ЛСГ «Математические термины и символы», «Геометрические фигуры», «Глаголы мыслительной деятельности (с продуктивными приставкам)»; вводные слова со значением последовательности сообщения.

Грамматика: Имя числительное; склонение числительных различных грамматических разрядов; употребление собирательных числительных с существительными; слова «один» и «тысяча» в разных контекстах; аббревиация.

Фонетика: корректировка фонетических трудностей в области произношения сложных и составных числительных.

7. Тема 7. Наука и производство

Вузовский и академический сектор науки. Новые технологии в разных областях жизни. Взаимосвязь науки и производства.

Коммуникативные задачи: принимать участие в дискуссии: сообщать и запрашивать информацию о достижениях науки и техники; высказывать мнение; выражать согласие/несогласие; выражать и выяснять интеллектуальную оценку (предпочтение, мнение, предположение), морально-этическую оценку (одобрение, порицание). Написать реферат, эссе-рассуждение, подготовить презентацию к сообщению.

Лексика: ЛСГ «Техника и технологии», «Интеллектуальная сфера» «Нравственные ценности», РС и этикетные формулы, характерные для публичного выступления.

Грамматика: Склонение имён в единственном и множественном числе (обобщение). Выражение временных отношений в простом и сложном предложении. Дееспричастие.

Фонетика: Корректировка фонетического акцента.

8. Тема 8. Наука и искусство

Взаимосвязь науки и культуры. Наука и искусство как культурные действия. Искусство высоких технологий. М.В. Ломоносов – учёный, художник, поэт. Композитор и учёный М.И. Глинка. Математик и филолог А.Н. Колмагоров. Скрипка Эйнштейна. Художественная культура России.

Коммуникативные задачи: понимать аутентичный художественный текст (фактическую, концептуальную информацию и подтекст); принимать участие в обсуждении художественного произведения: формулировать тему, идею, аргументированно выражать собственное мнение, запрашивать мнение собеседника; корректно выражать согласие/несогласие; выражать и выяснять интеллектуальную и эмоциональную оценку (предпочтение, мнение, предположение), морально-этическую оценку (одобрение, порицание); написать эссе-рассуждение, подготовить презентацию к сообщению.

Лексика: ЛСГ «Этические ценности», «Жанры искусства»; устаревшие слова и неологизмы.

Грамматика: Выражение целевых отношений в простом и сложном предложениях; виды глагола и способы выражение действия (обобщение и систематизация); употребление полных и кратких прилагательных; степени сравнения прилагательных и наречий.

Фонетика: Выразительные возможности русского ударения и интонации.

9. Тема 1. Путешествия

Великие путешественники. Посещение различных стран. Новые впечатления и открытия. География путешествий. Туризм и путешествие. Планирование поездки. Транспорт. Гостиницы - бронирование, сервис. Опыт путешествий. Академическая мобильность.

Коммуникативные задачи: выражать интенции согласия, несогласия, затруднения с ответом, равнодушия, сочувствия, поддержки, совета (синонимичными речевыми средствами, уместными в различных ситуациях); выражать и выяснять этическую оценку (одобрение, осуждение, порицание), социально-правовую оценку (оправдывать, защищать, обвинять); сообщать и запрашивать информацию о социальных проблемах, принимать участие в обсуждении; подготовить устное выступление по проблеме; написать эссе (аргументированное рассуждение); составить претензию.

Лексика: ЛСГ «Страна», «Город», глаголы со значением развития; РС выражения оценки, заинтересованности, предпочтения, формулы вежливости; ФЕ со значением «Расстояние», «Время», «Качество», «Количество».

Грамматика: Глагольное управление; глаголы НСВ и СВ (обобщение); активное причастие.

Фонетика: тема-рематическое членение речи, отработка интонационного рисунка.

10. Тема 2. Социальная жизнь и социальные ценности

Быт, услуги, образование, здравоохранение, социальное обеспечение, досуг. Моральные принципы и нормы, духовные ценности, личный жизненный опыт, жизненные установки, интеллектуальные ценности.

Коммуникативные задачи: сообщать и запрашивать информацию о профессиях и увлечениях; расспрашивать, уточнять (интервью); принимать участие в дискуссии; написание отзыва-рекомендации и мини-статьи (научно-популярный стиль).

Лексика: ЛСГ «Социальная жизнь», «Досуг»; фразеология; стилевая дифференциация русской лексики.

Грамматика: Вид глагола (обобщение); употребление глаголов совершенного и несовершенного видов в инфинитиве; употребление глаголов совершенного и несовершенного видов с отрицанием.

11. Тема 3. Семья, дом, отношения

Место проживания, быт, круг общения. Семья и семейные ценности. Семейные традиции.

Коммуникативные задачи: сообщать и запрашивать информацию о деятелях и произведениях искусства, культурных фактах и событиях; описывать архитектурные достопримечательности, здания; выражать и выяснять эмоциональную оценку

(удовольствие/неудовольствие, удивление, равнодушие, восхищение и т.п.); выразить совет, рекомендации; писать неформальное письмо-рекомендации.

Лексика: ЛСГ «Семейные традиции», «Эмоциональное состояние», «Жилье»; РС выражения оценки, заинтересованности, предпочтения.

Грамматика: Винительный падеж существительных в значении времени действия (я обошел парк за час), направления движения (самолет на Москву); глаголы движения с приставками; полные и краткие прилагательные; выражение субъектно-объектных отношений (конструкции с возвратными глаголами, выражающими внутреннее состояние, чувство).

12. Тема 4. Здоровье

Здоровый образ жизни. Спорт. Строение тела человека. Болезни. Медикаменты.

Коммуникативные задачи: Инициировать и поддерживать разговор на тему здоровья (в поликлинике, вызов врача на дом, в аптеке, в кабинете врача); выразить интенции утешения, сочувствия, поддержки, удивления, совета; взять интервью; написать изложение со сменой лица повествования; написать объяснительную записку.

Лексика: ЛСГ «Спорт»; «Медицинские специальности»; «Медикаменты»; «Части тела» (повторение и расширение состава ЛСГ); глаголы движения с приставками.

Грамматика: Спряжение глаголов болеть¹ и болеть² (она болеет, голова болит); употребление глаголов СВ и НСВ в императиве.

Фонетика: особенности и функции русской интонации: выражение цели высказывания и эмоциональной окраски (совет, просьба, вопрос, удивление).

13. Тема 5. Человек и освоение космического пространства

Мечты личные и общечеловеческие. «Космический» человек: идеи, технологии, проекты, опыт, перспективы.

Коммуникативные задачи: инициировать и вести дискуссию; аргументировано выразить свою позицию; выступать публично, подготовить презентацию (слайды); написать проблемное эссе-рассуждение.

Лексика: ЛСГ «Космос: техника и технологии», «Космические тела и объекты»; РС для участия в дискуссии (повторение и расширение лексических единиц); стиливая дифференциации лексики: особенности нейтральной (межстилевой) лексики и фразеологии.

Грамматика: причастие: грамматические категории и образование (повторение на расширенном лексическом материале), употребление, стилистические особенности; обособление причастных оборотов.

14. Тема 6. Земля – наш общий дом

Культурное многообразие. Значение русского языка в диалоге культур. Русский язык в межкультурной коммуникации.

Коммуникативные задачи: приглашать, принимать/отклонять приглашение, поздравлять, отвечать на поздравление, запрашивать и сообщать информацию о национальных

праздниках, традициях и обычаях; написать поздравительную открытку; эссе (описание).

Лексика: ЛСГ «Свободное время, увлечения, интересы»; «Праздники, традиции»; «Глаголы движения»; этикетные формулы приглашения, согласия/отклонения приглашения, поздравления.

Грамматика: дательный падеж принадлежности субъекту (памятник Пушкину), регулярности действия (мы ходим в кино по воскресеньям), объекта действия (мы готовимся к Новому году); глаголы движения без приставок; виды глагола (повторение и обобщение основных значений); выражение субъектно-объектных отношений (глаголы с частицей -ся взаимно-возвратного значения).

15. Тема 1. Научный прогресс и глобальные проблемы современности

Современная наука и наука будущего. Глобальные проблемы и будущее человечества.

Коммуникативные задачи: принимать участие в дискуссии, аргументировано выражать свою точку зрения, выяснять точку зрения других участников; разными способами выражать интенции согласия, несогласия, одобрения, возражения, эмоциональной оценки, рациональной оценки; написать научно-популярную статью; составить официальное письмо-запрос.

Лексика: вводные слова и конструкции, выражающие отношение к информации; РС (высокий стилевой регистр) для выражения собственного мнения, запроса мнения собеседника; глаголы тратить, глядеть, говорить с разными приставками.

Грамматика: глагол: грамматические категории, трудные случаи употребления (вид, время, спряжение, глагольное управление); стилистическое использование глагола; правописание суффиксов и окончаний глаголов; обособление вводных слов.

16. Тема 2. Наука и будущее человечества

Человек в эпоху высоких технологий. Влияние информационных, медицинских, биотехнологий на развитие личности.

Коммуникативные задачи: участвовать в обсуждении проблемы, выражать интенции согласия/ несогласия/возмущения/гнева/одобрения/затруднения с ответом средствами разных языковых регистров; написать эссе-рассуждение; письмо личного характера с заданной целью.

Лексика: ЛСГ «Гаджеты», «Изобретения», глагол тратить, выяснять, глядеть, платить, говорить с различными приставками, синонимический ряд «предел – рубеж – граница – окраина»; «эксперт – советник – консультант», «задача – проблема – трудность».

Грамматика: употребление глаголов совершенного и несовершенного видов в императиве, в простом и сложном предложении; выражение временных отношений в простом и сложном предложениях; употребление предлогов книжных стилей (в связи, согласно, в течение и т.п.).

17. Тема 3. Технологии в экономике, образовании и культуре

Современные образовательные технологии, бизнес-технологии, дополненная реальность.

Коммуникативные задачи: выражать интенции согласия, несогласия, пожелания, благодарности, радости, сожаления; формулировать основную мысль, ключевой вопрос, проблему текста, сообщения; аргументировать и иллюстрировать примерами свою точку зрения; выяснять и уточнять позицию собеседника; делать монологическое научно-учебное сообщение с опорой на тезисный план; написать дружеское письмо рекомендательного характера, докладную записку.

Лексика: ЛСГ «Глаголы со значением эмоциональной оценки», «Сферы общественной жизни», «Социальные группы и роли», «СМИ»; глаголы «жить», «учить», «давать», «брать» с разными приставками; РС уточнения, переспроса, выяснения и объяснения (активизация изученной ранее лексики и расширение состава ЛСГ).

Грамматика: Категория одушевлённости-неодушевлённости существительных; имена собственные и нарицательные; субстантивация; трудные случаи склонения существительных и местоимений; причастия (настоящего, прошедшего времени, пассивные, активные, полные, краткие).

18. Тема 4. Язык моей специальности

Терминологический глоссарий. Роль русского языка в моей будущей профессии.

Коммуникативные задачи: Формулировать определение научного понятия; давать толкование научному факту; составить глоссарий к научной работе; конспект печатного текста по специальности; давать развёрнутый монологический ответ и делать презентацию по научной теме (вопрос по выбору по профилирующему предмету).

Лексика: вводные слова и выражения со значением степени уверенности в сообщаемой информации; общенаучная лексика и фразеология; терминологический аппарат в соответствии с изучаемым разделом профилирующей дисциплины.

Грамматика: Выражение определительных и субъект-объектных отношений в научном тексте (полные и краткие причастия, конструкции со словом который, пассивные конструкции); индивидуальный разбор и отработка грамматических явлений, встречающихся в текстах по специальности и вызывающих затруднения.

19. Тема 5. Наука и государство: взаимодействие, государственная поддержка исследований

Наука – важнейший институт современного государства. Государственная поддержка исследований, специалистов, работающих на предприятиях, которые реализуют инновационные, внедренческие проекты. Национальные приоритеты государства в сфере научно-технологического развития. Интеграции научно-образовательных организаций и технологических

компаний. Коммерциализация науки. Задачи государства как управляющего активами в науке. Новые формы организации науки.

Коммуникативные задачи: сообщать и запрашивать информацию о государственных деятелях, исторических событиях; выражать и выяснять этическую оценку (одобрение, осуждение, порицание), социально-правовую оценку (оправдывать, защищать, обвинять); написать эссе (аргументированное рассуждение); подготовить устное выступление полемического характера.

Лексика: ЛСГ «Государственное устройство», глаголы со значением развития; РС выражения оценки, заинтересованности, предпочтения, формулы вежливости; название общенаучных методов (классификация, анализ, синтез, сопоставление и т.п.).

Грамматика: местоимение (разряды, грамматические категории, формоизменение); имя числительное (категории, склонение числительных разных классов – повторение, трудные случаи); стилистическое функционирование местоимений и числительных; правописание местоимений и числительных.

20. Тема 6. Теория и эксперимент

Теория и эксперимент в методологии научного исследования. Что такое научная теория? Уровни научного познания. Логические и методологические аспекты теоретического знания. Основные модели построения научной теории в классической науке. Основные функции научной теории: описание, объяснение и предсказание. Опытное исследование в классической и современной науке. Проблема интерпретации эксперимента.

Коммуникативные задачи: Формулировать определение научного понятия; давать толкование научному факту; составить глоссарий к научной работе; конспект печатного текста по специальности; давать развёрнутый монологический ответ и делать презентацию по научной теме (вопрос по выбору по профилирующему предмету).

Лексика: вводные слова и выражения со значением степени уверенности в сообщаемой информации; общенаучная лексика и фразеология; терминологический аппарат в соответствии с изучаемым разделом профилирующей дисциплины.

Грамматика: Выражение определительных и субъект-объектных отношений в научном тексте (полные и краткие причастия, конструкции со словом *который*, пассивные конструкции); индивидуальный разбор и отработка грамматических явлений, встречающихся в текстах по специальности и вызывающих затруднения.

21. Тема 7. Методы, способы, верификация

Научные методы, способы сбора данных, верификация научных исследований.

Коммуникативные задачи: Описывать методы, приёмы, инструменты и ход эксперимента/анализа/разработки программы; делать выводы; написать заключение научной работы; составить глоссарий к научной работе; конспект звучащего текста по специальности; давать развёрнутый монологический ответ и делать презентацию по научной теме (вопрос по выбору по профилирующему предмету).

Лексика: общенаучная лексика и фразеология для описания методов, инструмента и хода исследования; терминологический аппарат в соответствии с изучаемым разделом профилирующей дисциплины.

Грамматика: Активные и пассивные конструкции, выражающие субъектно-объектные отношения (изучать явление – явление изучается, исследовать проблему – проблема исследуется, проводить эксперимент – эксперимент проводится и т.п.); индивидуальный разбор и отработка грамматических явлений, встречающихся в текстах по специальности и вызывающих затруднения.

22. Тема 8. Мое научное исследование

Тема исследования, гипотеза, актуальность, новизна, практическая значимость.

Коммуникативные задачи: обосновывать актуальность, социальную значимость научной проблемы, новизну, историю изучения; написать введение к научной работе; составить глоссарий к научной работе; конспект звучащего текста по специальности; давать развернутый монологический ответ и делать презентацию по научной теме (вопрос по выбору по профилирующему предмету).

Лексика: общенаучная лексика и фразеология; терминологический аппарат в соответствии с изучаемым разделом профилирующей дисциплины.

Грамматика: Конструкции, выражающие субъектно-объектные отношения (что делится, подразделяется на что, в чём выделяется что, кто разделил что на что, выделил в чём что и т.п.); индивидуальный разбор и отработка грамматических явлений, встречающихся в текстах по специальности и вызывающих затруднения.

23. Тема 1. Научный прогресс и глобальные проблемы современности

Экология. Глобализация. Цифровизация и искусственный интеллект. Генная инженерия. Здравоохранение. Пандемии. Духовная деградация.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах:

обсуждать основные проблемы и угрозы современного мира, роль науки; делать проблемный полимический доклад, участвовать в обсуждении, задавать проблемные вопросы, аргументировать, приводить примеры, написать научно-популярную статью (публикацию в соцсети) об одной из проблем; комментировать устно и письменно, высказывая своё мнение в корректной и убедительной форме.

Лексика: ЛСГ «Природные объекты и явления», «Компьютерная лексика», «Здоровье, медицина» (расширение и активизация. РС выражения точки зрения.

Грамматика: синтаксические конструкции, используемые в конструкции аргументации; конструкции, выражающие причинно-следственные и уступительные отношения.

24. Тема 2. Работа в команде. Деловая коммуникация. Этикет

Принципы работы в команде, в том числе в многонациональной. Командная работа и эффективное сотрудничество, принципиальные отличия. Распределение ролей в команде, проекте. Преимущества и недостатки командной работы. Взаимоотношения в команде. Ответственность при работе в команде. Методы определения «командного духа».

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах:

обсуждать основные принципы работы в команде; дискутировать об эффективном командном взаимодействии; приводить аргументы определения «командного духа»; выражать свою точку зрения, конструктивно преодолевать разногласия, использовать потенциал группы и достигать коллективных результатов работы; устанавливать наиболее эффективные правила коммуникации при взаимодействии с командой; задавать уточняющие вопросы, подводя собеседника к своему мнению; проводить интервью, выстраивая систему эффективного взаимодействия при обсуждении заданной темы; выступать посредником при возникновении разногласий и успешно их решать; убедительно излагать суждение и влиять на мнение собеседника; распознавать потребности и интересы собеседника и отталкиваться от них в процессе диалога.

Лексика: РС выражения точки зрения (активизация и повторение), этикетные формулы в различных ситуациях командного взаимодействия (поддержка, совет, утешение и проч. – расширение и активизация).

Грамматика: активизация и корректировка использования разнообразных грамматических конструкций.

25. Тема 3. Планирование научной деятельности. Тайм-менеджмент

Основные составляющие бизнес плана, маркетинг, операционные расходы, затраты на запуск проекта, прогнозы продаж, продвижение продукта.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: обсуждать структуру и содержание бизнес плана, создать маркетинговый план и выполнить подсчеты стоимости проекта, принять участие в дебатах, посвященных эффективности различных методов продвижения продукта.

Лексика: ЛСГ «Время», «Планирование и организация»

Грамматика: активизация и корректировка использования разнообразных грамматических конструкций.

26. Тема 4. Реферативный обзор и цитирование

Обзор научной литературы. Составление библиографии. Виды цитирований.

Коммуникативные задачи: писать реферативный обзор (реферат на основе нескольких источников); цитировать разными способами (парафраз, прямое цитирование, косвенное цитирование).

Лексика: научная лексика и фразеология для ввода цитат.

Грамматика: синтаксис и пунктуация простого предложения: обособления; знаки препинания при прямой речи.

27. Тема 5. Описание экспериментальной (практической) части работы

Описание объекта дипломного исследования. Обоснование выбранной методики работы с практическим материалом. Сбор и анализ данных. Предложения для внедрения на практике. Выводы.

Коммуникативные задачи: описывать методы исследования, инструментарий, этапы и содержание практической части работы.

Лексика: глаголы научно-исследовательской деятельности, научные клише для описания практической части исследовательской работы.

Грамматика: глагольное управление, пассивные конструкции для описания эксперимента; синтаксис и пунктуация сложного предложения: сложносочинённые предложения, бессоюзие.

28. Тема 6. Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы

Особенности языка и стиля. Введение и заключение дипломной работы. Требования. Правила оформления. Методические рекомендации.

Коммуникативные задачи: формулировать тему, цель, задачи, определять объект и предмет исследования; обосновывать целесообразность, новизну, актуальность, практическую ценность и теоретическую значимость работы; описывать структуру и краткое содержание дипломной работы; делать выводы, описывать результаты работы; выражать интенции в устной речи: благодарность, просьба, уточнение, согласие/несогласие, затруднение с ответом (научная коммуникация); подготовить текст доклада (устного выступления), тезисы доклада, визуальную поддержку (слайды); выступать публично; принимать участие в обсуждении/ научной дискуссии.

Лексика: общенаучная лексика и фразеология (клише), используемые во введении и заключении научной работы; РС для участия в научной дискуссии (выражение своего мнения, выяснение мнения других участников, переспрос, уточнение, благодарность за вопрос/ ответ/ внимание).

Грамматика: пассивные конструкции научного стиля; конструкции с несколькими существительными в родительном падеже; синтаксис и пунктуация простого предложения: тип в простом предложении, предложения с однородными членами использование активных и пассивных конструкций в публичном выступлении; синтаксис и пунктуация сложного предложения: подчинительная связь.

29. Модуль 1. Русский язык для академических целей

30. Модуль 2. Русский язык для общих целей

31. Модуль 3. Русский язык для специальных целей

32. Модуль 4. Русский язык в проектной деятельности

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Сверхпроводимость

Цель дисциплины:

- изучение основных качественных представлений о сверхпроводимости, феноменологической теории сверхпроводимости Гинзбурга и Ландау;
- ознакомление с основами микроскопической теории сверхпроводимости.

Задачи дисциплины:

-познакомить студентов с основными понятиями и идеями в этой области, с постановкой задач и подходами к их решениям. Предполагается, что, прослушав этот курс, студенты смогут читать и понимать текущую научную периодику в этой области.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия по теме дисциплины.

уметь:

- пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования, решать задачи по теме дисциплины.

владеть:

- математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

Темы и разделы курса:

1. Основные факты и понятия о сверхпроводимости

Различные типы сверхпроводников.

Сверхпроводники I и II рода, промежуточное и смешанное состояние, поверхностное натяжение границы раздела S-N.

Термодинамика сверхпроводников I рода в магнитном поле.

Уравнение Лондонов и глубина проникновения магнитного поля.

Нелокальная экранировка, предел Пиппарда.

Кинетическая индуктивность и поверхностный импеданс.

2. Теория Гинзбурга-Ландау

Свободная энергия и уравнения Гинзбурга-Ландау. Ток и градиентная инвариантность.

Квантование магнитного потока.

Глубина проникновения и длина когерентности. Эффект близости. Энергия границы раздела S-N и два рода сверхпроводников.

Критическое поле и критический ток тонкой пленки.

3. Сверхпроводимость II рода: основы

Решение уравнений ГЛ для одиночного вихря и нижнее критическое поле.

Решение Абрикосова для решетки вихрей и верхнее критическое поле.

Взаимодействие вихрей (в лондоновском приближении).

Вихрь в тонкой пленке.

4. Сверхпроводимость II рода: флуктуационные эффекты

Флуктуации вблизи температуры перехода (оценка ширины флуктуационной области, диамагнетизм, парапроводимость).

Переход Березинского-Костерлица-Таулеса в тонкой пленке.

5. Сверхпроводимость II рода: резистивное состояние и пиннинг вихрей

Резистивное состояние.

Критический ток при зацеплении вихрей на линейных дефектах.

Взаимодействие вихрей с точечными дефектами.

6. Сверхпроводимость II рода: плавление и пиннинг решетки вихрей

Вихрь в потенциале точечных дефектов. Скейлинговые соотношения.

Решетка вихрей: упругие модули.

Плавление решетки вихрей тепловыми флуктуациями.

Разрушение дальнего порядка решетки примесями и критический ток.

Крип магнитного потока и нелинейная проводимость в ВТСП.

7. Слабая сверхпроводимость: феноменология

Стационарный эффект Джозефсона. Виды слабых контактов.

Нестационарный эффект Джозефсона. Резистивные характеристики.

Критический ток и «ток возврата».

Туннельный контакт в магнитном поле. Джозефсоновские вихри.

СКВИДы.

8. Флуктуационные эффекты в слабых контактах

Тепловые флуктуации в джозефсоновском переходе, проскальзывание фазы и $I(V, T)$.

Макроскопические квантовые эффекты: «туннелирование фазы» и переход в резистивное состояние.

Макроскопическая квантовая когерентность в СКВИДах.

9. Механизм притяжения и куперовская неустойчивость

Притяжение между электронами за счет обмена виртуальными фононами.

Куперовская неустойчивость в вершинной части.

Роль кулоновского отталкивания.

Спиновая структура волновой функции пары при синглетном и триплетном спаривании.

10. Функции Горькова и функционал Гинзбурга-Ландау: вывод методом функционального интеграла

Статистическая сумма в виде интеграла по грассмановым переменным.

Функциональный интеграл для ферми-газа с притяжением в произвольном канале. Эффективное действие и функции Горькова.

Разложение по степеням Δ : локальные члены.

Градиентный член и длина корреляции.

11. Эффекты температуры и магнитного поля

Уравнение самосогласования для Δ и его решение при низких температурах; $\Delta(T)$ при нетривиальном спаривании.

Теплоемкость и спиновая восприимчивость сверхпроводника.

Парамагнитный предел для синглетного сверхпроводника.

Диамангнитный отклик, глубина проникновения поля и ее температурная зависимость.

12. Неоднородные сверхпроводящие состояния

Уравнения Боголюбова - де Жена.

Андреевское отражение и андреевские уровни в S-N-S контакте.

Локализованные электронные уровни в центре абрикосовского вихря.

13. Сверхпроводники с примесями

Потенциальные примеси и их влияние на обычное s-спаривание.

Зависимость критических магнитных полей от беспорядка.

Спин-орбитальное примесное рассеяние и парамагнитный предел.

Нарушение T-инвариантности и распаривающий фактор. Подавление сверхпроводимости магнитным полем. Бесщелевая сверхпроводимость.

Разрушение «необычных» сверхпроводящих фаз потенциальными примесями.

14. Микроскопическая теория слабых сверхпроводящих контактов

Энергия связи в S-I-S контакте и критический ток. Температурная зависимость тока, формула Амбегаокара-Баратова для симметричного S-I-S.

Андреевские уровни и сверхток в S-N-S контактах. Формула Бинаккера для короткого контакта. Анализ предельных случаев большой и малой прозрачности.

Тепловая длина когерентности, введение в метод квазиклассических функций Грина.

Контакт сверхпроводников через ферромагнетик (S-F-S) и инверсия фазы (p_i-контакт).

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Сверхпроводимость

Цель дисциплины:

Формирование у студентов профессиональных компетенций, связанных с использованием современных теоретических концепций и применением современных экспериментальных методик в области физики низких температур и сверхпроводимости.

Задачи дисциплины:

Получение практических навыков использования данных современных экспериментов для решения задач физики низких температур и сверхпроводимости.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные свойства сверхпроводников и их использование в науке.

уметь:

описывать физические процессы изучаемые в курсе.

владеть:

необходимым математическим аппаратом.

Темы и разделы курса:

1. Явление сверхпроводимости

В первой вводной лекции будет рассказано об истории открытия и развитии понимания явления сверхпроводимости. Мы вкратце поговорим о технике получения низких температур, различных материалах, проявляющих сверхпроводящие свойства. Мы также коротко обсудим основные эффекты, связанные со сверхпроводниками, которые будут обсуждаться в деталях в последующих лекциях.

2. Магнитные свойства и термодинамика

Магнитные свойства связаны с эффектом Мейсснера, а также зависят от формы образца. Мы обсудим различные формы проникновения внешнего магнитного потока в сверхпроводящие материалы. Рассмотрение термодинамики сверхпроводников позволяет сделать важные выводы о свойствах сверхпроводящего состояния даже без детального понимания его природы.

3. Электродинамика и квантование потока

В этой лекции мы будем использовать двухжидкостную модель для обсуждения уравнений Лондонов. Эта феноменологическая модель позволяет описать линейную электродинамику и основные магнитные свойства. Мы обсудим проникновение магнитного поля в сверхпроводник, а также квантование магнитного потока.

4. Теория Гинзбурга-Ландау

Теория Гинзбурга-Ландау (ГЛ) является феноменологической, но подразумевает квантовую природу сверхпроводящего состояния. Мы введем понятие параметра порядка и выведем два основных уравнения ГЛ. Далее мы рассмотрим решения этих уравнений с различными граничными условиями.

5. Сверхпроводники типа I и II

Мы рассчитаем энергию границы раздела нормальной и сверхпроводящей фаз материала. Длина когерентности, полученная при выводе уравнений ГЛ, может быть либо больше, либо меньше глубины проникновения магнитного поля. Соотношение между этими длинами определяет наличие сверхпроводников I и II рода, отличающихся своим поведением во внешнем магнитном поле.

6. Вихри Абрикосова

Магнитное поле проникает в сверхпроводник II рода в форме вихрей тока, каждый из которых переносит магнитный поток, равный одному кванту потока. Мы обсудим движение вихрей под действием электрического тока, а также закрепление вихрей на дефектах материала. Экспериментальные методы позволяют наблюдать возникновение решетки вихрей и исследовать многие их свойства.

7. Теория БКШ

Теория Бардина-Купера-Шриффера (БКШ) основана на рассмотрении взаимодействия между электронами в сверхпроводнике и позволяет количественно объяснить их свойства. В её основе лежит концепция куперовской пары - коррелированного состояния электронов с противоположными спинами и импульсами. Мы выведем основные формулы этой теории и поговорим об их следствиях.

8. Энергетический разрыв и туннелирование

Конденсат куперовских пар отделен от спектра возбуждений в сверхпроводнике энергетической щелью. Мы обсудим свойства таких возбуждений в сверхпроводнике. Наличие энергетической щели подтверждается в эксперименте, в частности, при помощи измерений тока возбуждений через туннельный барьер.

9. Эффект Джозефсона

Туннелирование куперовских пар через тонкий слой изолятора между двумя сверхпроводниками приводит к эффекту Джозефсона. Мы выведем уравнения Джозефсона

и обсудим свойства джозефсоновских контактов. Зависимость бездиссипативного тока через контакт от внешнего магнитного поля является проявлением макроскопической квантовой когерентности конденсата куперовских пар.

10. SQUID-ы

Сверхпроводящие квантовые интерферометры или, сокращенно, СКВИДы, являются основными элементами сверхпроводниковой электроники. Мы выведем уравнения, описывающие свойства одно- и двухконтактных СКВИДов. СКВИДы применяются для измерения сверхмалых магнитных полей, токов и напряжений.

11. Длинные переходы, массивы и солитоны

Длинные джозефсоновские переходы являются очень удобными объектами для исследования свойств нелинейных волн - солитонов. Солитонами в них являются джозефсоновские вихри бездиссипативного тока, переносящие с собой кванты магнитного потока. Мы обсудим релятивистские свойства солитонов, взаимодействия между ними, а также поговорим о черенковском излучении вихрей в дискретных и слоистых системах.

12. Сверхпроводящая электроника

Туннельные контакты и джозефсоновские переходы являются основными элементами сверхпроводниковой электроники. В лекции будет рассказано о цифровой одноквантовой логике, классических компьютерах на сверхпроводниках. Мы обсудим устройства на джозефсоновских переходах для стандарта Вольта, а также применения туннельных контактов в радиоастрономии для детектирования миллиметровых волн.

13. Сверхпроводящие кубиты

Джозефсоновские переходы и микроволновые резонаторы из сверхпроводников являются элементной базой современных квантовых компьютеров. Квантовые процессоры позволяют выполнять определенные типы вычислений намного эффективнее, чем это делают обычные, привычные нам, компьютеры. Я расскажу об основных типах сверхпроводниковых квантовых битов (кубитов) и технике манипулирования их квантовыми состояниями.

14. Консультации

Повторение пройденного материала, ответы на вопросы студентов.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Сверхпроводимость

Цель дисциплины:

- изучение основных качественных представлений о сверхпроводимости, феноменологической теории сверхпроводимости Гинзбурга и Ландау;
- ознакомление с основами микроскопической теории сверхпроводимости.

Задачи дисциплины:

- познакомить студентов с основными понятиями и идеями в этой области, с постановкой задач и подходами к их решениям. Предполагается, что прослушав этот курс, студенты смогут читать и понимать текущую научную периодику в этой области.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия по теме дисциплины.

уметь:

- пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования, решать задачи по теме дисциплины.

владеть:

- математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

Темы и разделы курса:

1. Введение

История изучения сверхпроводимости. Основные разделы и задачи. Базовые эффекты. Магнитостатика.

2. Теория Лондонов, следствия и применения.

Проникновение магнитного поля и тока в сверхпроводник в рамках теории Лондонов. Лондоновская длина. Основные задачи. Кинетическая индуктивность.

3. Сверхпроводники в электромагнитном поле.

Первое уравнение Лондонов. Двухжидкостная модель Гортер-Казимир. Комплексная проводимость сверхпроводников. Скин-эффект и комплексный импеданс.

4. Термодинамика сверхпроводников. Функционал Гинзбурга-Ландау.

Термодинамика сверхпроводников. Фазовая диаграмма сверхпроводящего состояния. Термодинамические потенциалы в окрестности сверхпроводящего перехода. Переходы 1 и 2 рода. Сверхпроводящая волновая функция и функционал Гинзбурга-Ландау.

5. Теории Гинзбурга-Ландау и основные задачи.

Вывод уравнений Гизбурга-Ландау. Граничные условия и градиентная инвариантность. Эффект близости на границе с нормальным металлом. Критическое поле и ток тонкой пленки.

6. Сверхпроводники 1 и 2 рода. Вихри Абрикосова

Энергия границы раздела нормального и сверхпроводящего состояния. Сверхпроводники 1 и 2 рода. Уравнение и структура вихря Абрикосова.

7. Физика вихревого состояния сверхпроводников 2 рода.

Взаимодействие вихрей Абрикосова. Необратимый магнитный момент сверхпроводника 2 рода в смешанном состоянии. Пиннинг. Крип и режим течения потока. Критическое состояние и модель Бина.

8. Стационарный эффект Джозефсона.

Эффект Джозефсона. Ток-фазовое соотношение. Обобщенное уравнение Лондонов и условие баланса фаз. Квантование магнитного потока в неодносвязных сверхпроводниках. Фазо-чувствительные структуры.

9. Джозефсоновский переход в магнитном поле.

Джозефсоновский переход в магнитном поле. Зависимость критического тока контакта от внешнего магнитного поля. Уравнение Феррела-Прейнджа. Джозефсоновский вихрь. Короткие и длинные джозефсоновские контакты. Джозефсоновская магнитометрия.

10. Нестационарный эффект Джозефсона.

Вывод уравнения фазовой динамики. Ступени Шапиро и стандарт напряжения. Механические аналогии. Джозефсоновская индуктивность. Параметр МакКамбера и ток возврата джозефсоновского контакта с емкостью. Вязкий и периодический режимы. Релятивистская динамика джозефсоновских вихрей. Понятие о сверхпроводящих кубитах.

11. Природа сверхпроводящего состояния. Задача Купера.

Предпосылки построения микроскопической теории сверхпроводимости. Изотоп эффект. Притяжение электронов в металле посредством взаимодействия с фононами. Задача Купера. Импульс и спин куперовской пары. Энергия связанного куперовского состояния.

12. Теория Бардина-Купера-Шриффера.

Основное состояние сверхпроводника. Факторы когерентности. Энергетическая щель. Энергия основного состояния сверхпроводника. Температурная зависимость энергетической щели и критическая температура. Границы применимости теории Гинзбурга-Ландау.

13. Туннельные эффекты в сверхпроводниках.

Туннелирование в структурах нормальный металл-сверхпроводник (NIS) и между двумя сверхпроводниками (SIS). Кулоновская блокада. Одноэлектронный транзистор и стандарт тока. Электронный рефрижератор и термометр. Вольт-амперные характеристики NIS и SIS структур при нулевой и ненулевой температурах. Формула Амбегаокара-Баратова.

14. Квазичастицы в сверхпроводниках. Андреевское отражение.

Спектр квазичастичных возбуждения в нормальном металле и сверхпроводнике. Дробный заряд квазичастиц. Подщелевое и надщелевое андреевское отражение. Боголюбовские квазичастицы. Андреевские уровни. Многократное андреевское отражение. NIS-интерферометр. Избыточный ток NS-границы.

15. Свойства сверхпроводящих гетероструктур

Неравновесное электрическое поле в сверхпроводнике. Избыточное сопротивление NS-границы. Опыты Ю и Мерсеро. Спиновый разбаланс и спиновый антагонизм. Пространственно-неоднородное сверхпроводящее состояние. Пи-контакт и его применения.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Сверхпроводящие квантовые системы

Цель дисциплины:

дать студентам основы физики сверхпроводящих квантовых систем и устройств, используемых для квантовых вычислений и измерений, экспериментальные навыки криогенных технологий, работы с криогенной техникой, исследования сверхпроводящих устройств. Рассмотреть с позиций квантовой оптики взаимодействие сверхпроводящих цепей с электромагнитными волнами в гигагерцовом диапазоне в квантовом режиме.

Задачи дисциплины:

- дать основы теории сверхпроводимости и последовательные представления о современных методах этой теории.
- на основе формализма канонического квантования продемонстрировать проявление квантовых свойств сверхпроводящими цепями на примере выбранных типов кубитов: зарядовый кубит, трансмон, потоковый кубит.
- освоить базовые принципы современной квантовой оптики.
- вывести эволюцию для матрицы плотности кубита под действием классического и квантового электромагнитного поля (осцилляции Раби). Продемонстрировать появление суперпозиции и запутанности состояний кубитов.
- рассмотреть использование кубитов для генерации различных квантовых состояний электромагнитного поля в резонаторе. Обзор современных экспериментов по квантовой оптике сверхпроводящих цепей.
- обсудить современные технические возможности для реализации квантовых вычислений на сверхпроводящих кубитах.
- ознакомить с современной криогенной и микроволновой техникой эксперимента со сверхпроводящими устройствами.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Основы сверхпроводимости, физические основы построения кубитов и их квантовые состояния, основы микроволнового инжиниринга сверхпроводящих квантовых цепей, методы квантовой оптики для исследования свойств кубитов.

уметь:

Проектировать сверхпроводящие кубиты, выбирать тип кубита в зависимости от поставленной экспериментальной задачи, рассчитывать связь кубита с микроволновыми линиями и резонаторами, интерпретировать результаты измерений спектров кубитов.

владеть:

Экспериментальными методами криогенных технологий, исследования сверхпроводящих устройств, методами квантовой оптики для изучения сверхпроводящих квантовых систем.

Темы и разделы курса:

1. СКС как срез современной физики.

Мотивационное занятие. Ознакомление с содержанием курса, его связями с другими курсами и предметами. Разъяснение значимости материала курса в контексте современных научных направлений. Формулировка требований к знаниям студентов.

2. Феноменология сверхпроводимости.

Введение в сверхпроводимость: обзор эмпирических фактов о сверхпроводимости. Термодинамика магнетиков и сверхпроводников. Фактор размагничивания. Смешанное состояние. Энтропия и теплоёмкость сверхпроводящего состояния.

3. Теория Лондонов.

Два уравнения Лондонов. Лондоновская длина. Квантовое обобщение второго уравнения Лондонов. Квантование магнитного потока. Кинетическая индуктивность и ее влияние на проникновение магнитного потока в кольцо.

4. Теория ГЛАГ.

Общие соображения теории фазовых переходов II рода. Вывод уравнений Г-Л. Тонкая пластинка в параллельном магнитном поле.

5. Вихри Абрикосова, сверхпроводники I и II рода

Эффект близости. Энергия границы раздела сверхпроводящей и нормальной фаз. Сверхпроводники I и II рода. Второе критическое поле, вихри Абрикосова.

6. БКШ $T=0$

Теория БКШ. Аргумент Ландау. Щелевые и бесщелевые спектры возбуждения. Изотопический эффект и притяжение электронов за счет участия фононов. Основное состояние сверхпроводника, факторы когерентности. Спектр возбуждений сверхпроводника.

7. БКШ $T>0$

Состояние конденсата и возбуждений при ненулевой температуре. Связь критической температуры, щели и термодинамического критического поля. Ток распаривания.

8. Джозефсоновский эффект

Эффект и уравнения Джозефсона. Вывод уравнений Джозефсона. Типы слабых связей.

9. Вольт-амперные характеристики слабых связей.

Стационарный и нестационарный эффекты Джозефсона. Туннельные SIS-контакты. Термоактивационные эффекты и макроскопическое квантовое туннелирование. RCSJ-модель. Потенциал стиральной доски. Джозефсоновская и зарядовая энергии. Формула Амбегаокара-Баратова. Вид ВАХ туннельного контакта в различных режимах. Реальные ВАХ. Термоактивационное возбуждение к квантовое туннелирование. Плазменная частота.

10. Введение в криогенную и микроволновую технику

Криостаты испарения и растворения. Охлаждение импульсными трубками в сухих криостатах. Ознакомление с криостатом BF LD250. Ультразвуковая микросварка, передача сигнала внутри криостата. Атенюация и усиление, борьба с шумами. Использование векторного анализатора сигнала.

11. Поточные кубиты.

Одно- и двух-контактные СКВИДы. Различные режимы проникновения магнитного потока в сверхпроводящие кольца. Режимы малой и большой индуктивности кольца. Двухъямный потенциал одноконтактного СКВИДа и макроскопическое квантовое туннелирование.

12. Каноническое квантование.

Каноническое квантование. Дуальность заряда и фазы. Соотношение джозефсоновской и зарядовой энергий. Режимы хорошо определенной фазы и заряда. Технически достижимые масштабы джозефсоновской и зарядовой энергии. Квантование на примере потокового кубита.

13. Зарядовый кубит.

Зарядовый кубит и трансмон. Вывод гамильтониана. Приближенное решение. Зарядовые шумы и переход к трансмону. Поточный кубит на проскальзывании фазы как устройство, дуальное зарядовому кубиту.

14. Связывание кубита с электромагнитным полем.

Пример расчёта каплинга трансмона и потокового кубита с классическим электромагнитным полем.

15. Классические осцилляции Раби.

Эволюция матрицы плотности двухуровневой системы под действием классического поля. Сфера Блоха. Уравнение Линдبلادта.

16. Введение в квантовую оптику.

Основы проектирования микроволновых линий и резонаторов на чипе. Копланарные волноводы. Телеграфное уравнение. Волновой импеданс и его согласование. Моды копланарных резонаторов. Моды ящика. Обиций (канонический) подход к квантованию электромагнитного поля. Разложение поля на осцилляторы.

17. Когерентное состояние электромагнитного поля.

Математическое определение когерентного состояния. Когерентное состояние как смещенное вакуумное. Соотношение неопределенностей.

18. Когерентное состояние бегущей волны. Фотоны.

Обсуждение понятия фотона.

19. Временная эволюция электромагнитного поля. Функция Вигнера.

Квадратуры и фазовое пространство. Соотношение неопределенностей амплитуда-фаза. Сжатое состояние. Функция Вигнера и ее эволюция.

20. Атом в одномодовом поле.

Двухуровневый атом в одномодовом электромагнитном поле. Приближение вращающейся волны и модель Джейнса-Каммингса.

21. Квантовые и вакуумные Раби-осцилляции.

Подробный разбор решения модели Джейнса-Каммингса в резонансном случае. Вакуумные Раби-осцилляции как частный случай квантовых осцилляций Раби. Спонтанное испускание. Коллапс и возрождение. Фокус эволюции матрицы плотности атома: появление запутанности с полем. Анализ решения для когерентного состояния, аналогия с классическими осцилляциями Раби.

22. Одетые состояния. Резонансный и дисперсионный случай. Дисперсионное считывание.

Анализ общего решения в терминах одетых состояний. Подробный разбор решения модели Джейнса-Каммингса в дисперсионном случае. Дисперсионный сдвиг и дисперсионное считывание.

23. Экспериментальные реализации режима сильной связи.

Спектроскопические измерения кубитов. Одно- и двухтоновая спектроскопия. Диаграммы Смита. Наблюдение антипересечения кубит–резонатор.

24. Импульсные измерения, наблюдение Раби-осцилляций, эксперимент Рамзи.

Понятие об импульсных измерениях, наблюдение Раби-осцилляций, эксперимент Рамзи. Использование этих экспериментов для характеристики кубитов.

25. Генерация неклассических состояний излучения. Эксперимент Ханберри-Брауна – Твисса. Антигруппировка фотонов.

Генерация неклассических состояний излучения. Эксперимент Ханберри-Брауна – Твисса. Теория делителя пучка. Корреляционные функции. Пуассоновский и субпуассоновский свет. Антигруппировка фотонов.

26. Детектирование фотонов и неклассических состояний. Измерение функции Вигнера.

Детекторы мощности и линейные детекторы. Измерение функции Вигнера. Томография квантового состояния.

27. Генерация произвольного состояния электромагнитного поля.

Разбор протокола генерации произвольной суперпозиции фокских состояний в резонаторе. Состояние Шрёдингерской кошки.

28. Лазеры и одноатомные лазеры.

Основные свойства лазерного излучения. Получение лазерного излучения коллективом атомов и одиночным атомом.

29. Резонансная флуорисценция.

Неэластичные процессы рассеяния света веществом. Триплет Моллоу.

30. Эффект Парсела в теории сверхпроводящих цепей. Механизмы релаксации и дефазировки кубитов.

Фильтры Парсела. Механизмы релаксации и дефазировки кубитов. Зарядовые и потоковые шумы, методы борьбы с ними. Систематические и аппаратные ошибки, приводящие к ошибкам квантовых вентиляей.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Семинар "Методы решения междисциплинарных физических задач"

Цель дисциплины:

- Представить весь спектр научных исследований и прикладных работ, ведущихся в АО "ГНЦ РФ ТРИНИТИ".
- Дать более расширенные знания по пройденным курсам физики и математики.
- Показать существующие многочисленные аналогии и подходы при решении задач из различных областей физики.
- Обучить эффективным упрощенным методам получения научно значимых результатов, умению получать оценки для величин эффектов.
- Дать навыки подготовки к выступлениям на научных конференциях, обучить методике представления студентами презентаций с использованием существующих компьютерных средств, структурированию научных материалов доклада.

Задачи дисциплины:

- Ознакомить с научными направлениями и ведущимися исследованиями в базовом институте "ГНЦ РФ ТРИНИТИ" кафедры "Плазменная энергетика".
- Расширить научные знания студентов по тематикам базового института.
- Научить дополнительным эффективным методам проведения расчетов с целью быстрого выполнения оценок при анализе различных физических явлений и процессов.
- Дать методические знания по подготовке научных материалов для представления на семинарах, конференциях.
- Проведение практических занятий по представлению студентами научных материалов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- весь спектр научных исследований и прикладных работ, ведущихся в АО "ГНЦ РФ ТРИНИТИ";
- порядки численных величин, характерных для мощных электрофизических установок АО "ГНЦ РФ ТРИНИТИ";

классические решения для простейших одномерных и стационарных задач из различных областей математики, физики и теоретической физики.

уметь:

выполнять оценки для возможности самостоятельного получения параметрических зависимостей при обосновании приближенных решений;

абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;

пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных, прикладных и технологических задач;

делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;

производить численные оценки по порядку величины;

делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;

видеть в технических задачах физическое содержание;

осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики.

владеть:

эффективным методам проведения расчетов с целью быстрого выполнения оценок при анализе различных физических явлений и процессов;

практическими навыками исследования и решения теоретических и прикладных задач;

навыками теоретического анализа реальных задач;

умением искать теоретические объяснения экспериментальным результатам и экспериментальные подтверждения теоретическим моделям;

навыками освоения большого объема информации;

навыками самостоятельной работы с учебной, научной и справочной литературой, ведения поиска и ориентирования в библиографии;

методическими знаниями по подготовке научных материалов для представления на семинарах, конференциях.

Темы и разделы курса:

1. Методы оценок интегралов и дифференциальных уравнений с большим (или малым) параметром.

Метод перевала, нестандартные интегралы с применением ТФКП. Методы теории возмущений при решении систем алгебраических уравнений, систем линейных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных.

2. Применение метода размерностей при решении задач из различных областей физики.

Методы размерности для задач механики, гидродинамики, электричества, теории поля, квантовой механики и т.д.

3. Быстроосциллирующие параметры.

Стабилизация неустойчивых состояний быстроосциллирующей силой. Маятник Капицы. Ускоренная диффузия при осциллирующих скоростях в потоках жидкости или газа. Заряженные частицы в быстро осциллирующих электрических полях.

4. Введение в теорию перколяции, решение задач.

Точно решаемые задачи по теории перколяции. Прикладные задачи, сводящиеся к методам теории перколяции.

5. Фрактальная размерность.

Объекты с дробной размерностью. Решение задач по определению дробной размерности различных фрактальных объектов.

6. Адиабатические инварианты.

Решение задач по применению метода адиабатических инвариантов.

7. Обратные задачи.

Методы решения обратных задач с применением интегральных уравнений.

8. Топологические инварианты.

Применение топологических инвариантов к решению физических задач.

9. Решение задач по выявлению аналогий результатов, получаемых с использованием подходов квантовой механики, классической механики, лазерной физики и оптики.

Аналогии по задачам в лазерной физике и оптике с задачами квантовой механики. Аналогии результатов задач классической механики и квантовой механики.

10. Задачи по физике низкотемпературной плазмы.

Зондовые измерения в низкотемпературной плазме. Закон трех-вторых в электронных лампах. Лазерный нагрев электронов в плазме.

11. Лазерные установки ТРИНИТИ и их применения.

Лазерная технология при воздействии на материалы. Очистка нефтяных разливов с использованием импульсов излучения. Тушение пожаров на нефтяных скважинах.

12. Вводные вопросы по физике ядерного топлива.

Капельная модель ядра. Распады ядер. Задачи коалесценции пузырьков в аналогии с выпадением росы - простейший подход с использованием метода подобия.

13. Точно решаемые задачи по течению жидкости в пористой среде.

Уравнения Дарси. Аналогии с задачами электростатики и электродинамики.

14. Вопросы устойчивости стационарных решений нелинейных уравнений и методы анализа.

Метод Баренблата-Зельдовича по анализу устойчивости волн горения.

15. Практические занятия по подготовке научных презентаций.

Подготовка презентаций и выступление на семинаре с разбором возможных недостатков и с целью улучшения представления материала. В каждом семестре.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Семинар по квантовой механике, часть 1

Цель дисциплины:

Освоение студентами методов решения задач по квантовой механике и детальное изучение используемых при этом методов. Подготовка студентов к сдаче экзамена теоретического минимума по квантовой механике.

Задачи дисциплины:

Познакомить студентов с основными понятиями и идеями в данной области, с постановкой задач и подходами к их решениям. Предполагается, что прослушав этот курс, студенты смогут читать и понимать текущую научную периодику в этой области.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия по теме дисциплины.

уметь:

- пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования, решать задачи по теме дисциплины.

владеть:

- математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

Темы и разделы курса:

1. Введение в квантовую механику

Математический формализм и основные понятия квантовой механики. Гильбертово пространство, волновая функция, унитарная эволюция, измерение и редукция фон-Неймана. Уравнение Шрёдингера.

2. Матрицы плотности

Формализм матриц плотности в квантовой механике. Квантовые и классические статистические распределения, их базовые свойства. Системы, состоящие из нескольких подсистем, редуцированная матрица плотности. Влияние измерения наблюдаемой величины на матрицу плотности. Энтропия.

3. Одномерное движение

Основные свойства одномерного уравнения Шрёдингера. Дискретный спектр, связанные состояния. Задача о мелкой яме. Одномерная теория рассеяния.

4. Точнорешаемые модели в квантовой механике

Применение спецфункций для решения различных задач квантовой механики. Свободное движение в двумерном и трёхмерном пространстве (функции Бесселя), потенциальная яма $1/\cosh(x)^2$ (гипергеометрическая функция), квантовый гармонический осциллятор (вырожденная гипергеометрическая функция и ортогональные полиномы), движение частицы в постоянном электрическом поле (функция Эйри).

5. Теория возмущений

Стационарная и нестационарная теория возмущений. Поправки к уровням энергии в вырожденном и невырожденном случае. Поправки к амплитуде волновой функции в невырожденной задаче. Золотое правило Ферми.

6. Адиабатическое приближение

Нестационарное адиабатическое приближение, адиабатическая теорема и фаза Берри. Задача Ландау-Зенера, движение спина-1/2 в переменном магнитном поле. Стационарное адиабатическое приближение — приближение Борна-Опенгеймера, «быстрые» и «медленные» подсистемы.

7. Квазиклассическое приближение

Волновые функции в квазиклассическом приближении. Задача сшивки квазиклассических амплитуд при прохождении через точку остановки. Формализм трансфер-матриц. Правило квантования Бора-Зоммерфельда. Туннелирование и формула Гамова. Квазиклассическое расщепление в двухъямном потенциале. Распад метастабильного состояния. Квазиклассическое приближение в комплексной плоскости, задача о надбарьерном отражении. Явление Стокса.

8. Математические дополнения

Метод Лапласа и метод перевала в применении к решению квантовомеханических задач. Свойства функций Эйри. Точное решение задачи Ландау-Зенера.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Семинар по квантовой механике, часть 2

Цель дисциплины:

Освоение студентами методов решения задач по квантовой механике и детальное изучение используемых при этом методов. Подготовка студентов к сдаче экзамена теоретического минимума по квантовой механике.

Задачи дисциплины:

Познакомить студентов с основными понятиями и идеями в данной области, с постановкой задач и подходами к их решениям. Предполагается, что прослушав этот курс, студенты смогут читать и понимать текущую научную периодику в этой области.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия по теме дисциплины.

уметь:

- пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования, решать задачи по теме дисциплины.

владеть:

- математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

Темы и разделы курса:

1. Теория рассеяния

Постановка стационарной задачи рассеяния. Амплитуда рассеяния, T-матрица, формула Борна. Оптическая теорема, соотношение унитарности. Фазовая теория рассеяния для сферически-симметричных потенциалов. Квазиклассическое приближение в теории рассеяния.

2. Открытые системы

Спин-бозонная модель. Приближение Борна-Маркова, квантовое кинетическое уравнение. Времена дефазировки и релаксации. Одномерное движение частицы, связанной с омической баней. Модель Калдейры-Леггета.

3. Топологические явления

Симметрии в квантовой механике. Симметрия по отношению к обращению времени, киральная симметрия. Топологические инварианты на примере одномерной цепочки Su-Schrieffer-Heeger. Краевые состояния. Состояния Jackiw-Rebbi.

4. Функциональное интегрирование

Вывод представления в виде функционального интеграла для запаздывающей функции Грина одномерного движения. Вычисление функционального интеграла для линейных задач. Инстантоны, вычисление расщепления в двухъямном потенциале и времени жизни метастабильного состояния. Виковский поворот и его связь с аналитическим продолжением функции Грина для задачи о распаде. Вычисление флуктуационного определителя на фоне инстантона. Формализм Гельфанда-Яглома.

5. Локализация Андерсона

Одномерная локализация Андерсона на примере модели Андерсона. Метод трансфер-матриц. Уравнение ДМРК для функции распределения коэффициента прохождения через неупорядоченную систему.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Семинар по литературе

Цель дисциплины:

Ознакомление с основными результатами, которые позволили сформулировать полную нелинейную динамику полей высших спинов.

Задачи дисциплины:

Научить студентов работать непосредственно с научными статья, а не только с учебной литературой, а также познакомить с основными этапами становления теории высших спинов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия по теме дисциплины.

уметь:

- пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования, решать задачи по теме дисциплины.

владеть:

- математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

Темы и разделы курса:

1. Алгебра деформированных осцилляторов

Алгебра деформированных осцилляторов как результат квантования на сфере, ее идеалы и связь алгеброй высших спинов в AdS₃.

2. Модель Калоджеро и решение с помощью алгебры деформированных осцилляторов

(Много)частичная модель Калоджеро. Получения спектра и всех интегралов движения в алгебраически замкнутом виде в терминах алгебры деформированных осцилляторов.

3. Развернутая динамика для массивных скалярного и спинорного полей

Развернутые уравнения для массивных скалярного и спинорного полей в AdS_3 . Представление этих уравнений как уравнений ковариантного постоянства в терминах алгебры деформированных осцилляторов.

4. Нелинейная производящая система Прокушкина-Васильева

Производящая система Прокушкина-Васильева. Состав полей теории. Выделение топологического и динамического секторов. Получение аналога центральной теоремы о массовой оболочке из производящей системы Прокушкина-Васильева для фона AdS_3 .

5. Техника сдвиговых гомотопий для решения уравнений производящей системы

Техника сдвиговых гомотопий. Лемма Пуанкаре и теория Ходжа для поиска когомологий дифференциала де Рама. Применение техники сдвиговых гомотопий для разрешения уравнений производящей системы Прокушкина-Васильева.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Семинар по научной литературе

Цель дисциплины:

развитие у студентов способности квалифицированно ориентироваться в современной научной литературе, а также внятно и аргументировано излагать свои соображения по научным вопросам. В этом смысле семинар является первым шагом реальной профессиональной ориентации будущих физиков-теоретиков.

Задачи дисциплины:

-познакомить студентов с основными понятиями и идеями в этой области, с постановкой задач и подходами к их решениям. Предполагается, что прослушав этот курс, студенты смогут читать и понимать текущую научную периодику в этой области.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия по теме дисциплины.

уметь:

- пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования, решать задачи по теме дисциплины.

владеть:

- математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

Темы и разделы курса:

1. 1. Фононы в диэлектриках

а) Доклад по экспериментальной статье

б) Соответствующая ей теория

2. 3. Локализация фононов

- а) Доклад по экспериментальной статье
- б) Соответствующая ей теория

3. 2. Фононы в металлах

- а) Доклад по экспериментальной статье
- б) Соответствующая ей теория

4. 4. Электронная проводимость в металлах

- а) Доклад по экспериментальной статье
- б) Соответствующая ей теория

5. 5. Электронная проводимость в полупроводниках

- а) Доклад по экспериментальной статье
- б) Соответствующая ей теория

6. 6. Сверхтекучесть гелия-4

- а) Доклад по экспериментальной статье
- б) Соответствующая ей теория

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Семинар по научной литературе

Цель дисциплины:

– научить студентов выступать на научных семинарах.

Задачи дисциплины:

- овладение студентами основных навыков подготовки научного доклада;
- умение ясно и четко излагать свои мысли;
- умение отвечать на вопросы;
- знакомство с (не входящими в программу МФТИ) дополнительными главами математики (топология, теория групп) и астрофизики.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- современные проблемы физики, химии, математики;
- теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях;
- принципы симметрии и законы сохранения;
- новейшие открытия естествознания;
- постановку проблем физико-химического моделирования;
- о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;

- работать на современном экспериментальном оборудовании;
- абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций;
- планировать оптимальное проведение эксперимента.

владеть:

- планированием, постановкой и обработкой результатов физического эксперимента; научной картиной мира;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории на современном экспериментальном оборудовании;
- математическим моделированием физических задач.

Темы и разделы курса:

1. Аккреция Бонди.

Понятие об аккреции. Сферическая аккреция (аккреция Бонди). Звуковая поверхность.

2. Гамма-всплески.

Феномен гамма-всплесков. Основные теоретические модели, их объясняющие. Критерий LogN-LogS .

3. Излучение Вавилова-Черенкова.

Механизм излучения. Черенковское условие. Черенковские детекторы гамма-квантов и нейтрино.

4. Квантовый эффект Холла.

Условия возникновения эффекта. Качественное объяснение эффекта. Определение скачков проводимости.

5. Кеплерова задача.

Задача двух тел в классической механике. Эпициклическая частота. Дискровая аккреция.

6. Классификация элементарных частиц.

Четыре вида взаимодействия. Кварки, лептоны, бозоны. Понятие о стандартной модели элементарных частиц.

7. Космические лучи.

Состав и энергия космических лучей. Методы детектирования. Источники космических лучей. GZK обрезание.

8. Нейтринная астрофизика.

Процессы генерации. Методы регистрации нейтрино. Отождествлённые источники нейтрино.

9. Основы теории групп.

Теорема Лежандра. Правое и левое разложения. Разрешимые и неразрешимые группы. Неразрешимость группы симметрий додекаэдра.

10. Основы топологии.

Ориентируемые и неориентируемые поверхности. Их классификация. Эйлеровы характеристики. Примеры: проективная плоскость, бутылка Клейна. Фрактальная размерность. Диффузия в фрактальном пространстве.

11. Солнечный ветер.

Течение Паркера. Медленный и быстрый солнечный ветер. Явления на Земле и других планетах, порождаемые солнечным ветром.

12. Стохастичность динамических систем.

Критерий стохастичности. Система Лоренца. Переход по Фейгенбауму.

13. Шкала расстояний в астрофизике.

Методы определения расстояний в астрономии: прямые и косвенные. Параллакс, цефеиды, сверхновые типа Ia. Закон Хаббла.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Семинар по научной литературе

Цель дисциплины:

сформировать навыки анализа научных публикаций по широкой тематике, связанной с квантовыми наноструктурами, материалами и устройствами.

Задачи дисциплины:

- расширить научный кругозор учащихся;
- научить выявлению противоречий и неполноты информации в научных статьях;
- привить навыки сопоставления данных и интерпретации экспериментальных фактов в статьях разных авторов; привить культуру научной дискуссии.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

принципы поиска научной литературы по тематике специализации.

уметь:

выявлять противоречия и неточности в научных публикациях.

владеть:

навыками сопоставления данных и результатов их анализа в разных публикациях.

Темы и разделы курса:

1. Технологии наноструктур.

Технологические схемы и операции, технологические риски. Литографические технологии, включая теневою литографию. Технологии на основе фокусированного ионного пучка. Травление, анодирование. Химическое осаждение из газовой фазы. Электроосаждение.

2. Физика сверхпроводящих наноструктур.

Прогнозирование откликов сверхпроводящих наноструктур. Выбор сверхпроводящего металла с учетом функциональных характеристик и деградационной стабильности. Структуры сверхпроводник/нормальный металл/сверхпроводник и сверхпроводник/ферромагнитный металл/сверхпроводник. Туннельные барьеры на поверхности сверхпроводников. Методы создания контактных площадок и контактов.

3. Физика магнитных наноструктур.

Прогнозирование откликов магнитных наноструктур. Выбор ферромагнитных материалов с учетом их функциональных характеристик и деградационной стабильности. Доменные структуры в тонких пленках магнитных материалов. Управление движением доменных стенок.

4. Физика оптических наноструктур.

Прогнозирование откликов оптических наноструктур. Плазмонные наноструктуры. Выбор металла с учетом функциональных характеристик и деградационной стабильности. Полупроводниковые слоистые наноструктуры для оптики. Выбор составляющих с учетом функциональных характеристик и деградационной стабильности.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Семинар по статистической физике

Цель дисциплины:

- решение задач по статистической физике и изучение используемых при этом методов;
- изучение тем, входящих в программу теоретического минимума, но слабо затронутых в общем курсе теоретической физики;
- общая подготовка к сдаче экзамена теоретического минимума по статистической физике.

Задачи дисциплины:

- дать студентам дополнительный опыт в решении задач по термодинамике и статистической физике и в использовании типичных для этого раздела математических методов. Сориентировать их в современной учебной и научной литературе по предмету и стимулировать самостоятельную работу.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные результаты в рассмотренных областях статистической физики.

уметь:

- решать задачи по теме дисциплины и применять изученные методы в других областях физики и математики.

владеть:

- математическим аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

Темы и разделы курса:

1. Методы суммирования

$Z \rightarrow F \rightarrow \{S, C, \hbar\}$ схема. Квантовые поправки к колебательной теплоёмкости двухатомной молекулы. Суммирование по Эйлеру-Маклорену. Квантовые поправки к вращательной теплоёмкости двухатомной молекулы.

Суммирование по Лапласу. Поправки к теплоёмкости поступательного движения в конечном объёме. Квантовые поправки к теплоёмкости метана. Методы теории групп.

Суммирование по Эвальду. Точные формулы для постоянных Маделунга и их аналогов.

2. Методы теории вероятностей

Диффузия невзаимодействующих непроницаемых частиц на прямой, закон $t^{1/4}$. Вычисление Левитта. Зависимость асимптотики на больших временах от начального распределения.

Время первого прохождения и связанные с ним характеристики броуновского движения с дрейфом. Принцип отражения, распределение Леви, теорема Чанга-Феллера.

Статистики экстремумов гауссовых процессов. Toy model и её физические реализации. Точные результаты (по Monthus, le Doussal 2003). Главная часть асимптотики в общем случае (по Huesler, Piterbarg 1999).

Модель случайных энергий (REM). Точное решение, стандартное репличное решение, «строгое репличное решение» Доценко. Схемы нарушения репличной симметрии. Обзорно: направленный полимер в 2D и распределение Трейси-Уидома.

Стохастическая теория экстремумов. Основное состояние REM в низкотемпературной фазе. Процесс Пуассона-Дирихле. Концентрация свободной энергии, направленный полимер на дереве. Распределения Гумбеля, Вейбулла, Фреше.

Случайные блуждания со степенным распределением длины шага. Распределение Леви. Статистика величины гравитационного поля (распределение Хольцмарка).

3. Вычисление критических индексов

Классические критические индексы. Скейлинговые соотношения. Среднеполевые значения. Вычисления для сферической модели.

Критические индексы в двумерной модели Изинга. Решение Либа-Шульца-Маттиса. Асимптотики тёплицевских определителей (теорема Сегё). Сведение к модели димеров.

Критические индексы в двумерной перколяции. RSOS и модели петель. Корреляторы для кулоновского газа. Модель Поттса и её критические индексы в 2D. Обзорно: меандры, несамопересекающиеся блуждания на шестиугольной решетке.

4. Ренормализационные группы в прямом пространстве

Перенормировки в двумерном кулоновском газе в общем случае (ренормгруппа Костерлица в прямом пространстве). Переходы типа БКТ в чисто магнитном случае. XY-модель, теорема Мермина-Вагнера, вычисление Вилле.

Ренормгруппа для сильного беспорядка (по Igloi, Monthus 2005). Одномерная квантовая модель Изинга с беспорядком в случайном поперечном поле. Экстремумы случайных потенциалов. Геометрические модели (рост капель в 1D, слияния интервалов).

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Семинар по электрофизике и физике плазмы

Цель дисциплины:

Освоение студентами фундаментальных знаний в области электрофизики и физики плазмы, экспериментальных методов и приборов, используемых в научно-исследовательской работе, изучение способов создания лабораторных установок и с их помощью методов исследования физических процессов в конденсированном, газообразном состоянии вещества и плазмы, а также областей их практического применения.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области электрофизики и физики плазмы, как дисциплины, интегрирующей общефизическую и общетеоретическую подготовку физиков и обеспечивающей технологические основы современных инновационных сфер деятельности;
- обучение студентов принципам создания оптических, лазерных, спектральных и электронно-пучковых устройств, выявление особенностей их функциональных характеристик;
- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области оптических, фотоэлектронных, электрофизических измерений в рамках выполнения работ в лабораториях базовых предприятий;
- приобретение навыков применения полученных знаний в смежных и междисциплинарных научных областях.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики;

порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;

современные проблемы и методы физики и математики;

общие подходы к решению прикладных и теоретических задач физики и техники современного спектрального оборудования.

уметь:

абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных, прикладных задач и технологических задач;

делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;

производить численные оценки по порядку величины;

делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;

видеть физическое содержание в технических задачах;

осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;

получать наилучшие значения параметров спектральных и иных электрофизических установок различного назначения и правильно оценивать степень их достоверности;

эффективно использовать полученные знания, имеющиеся методы решения задач экспериментальной физики для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

навыками освоения большого объема информации;

навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;

культурой постановки и моделирования физических задач;

навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;

практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;

навыками теоретического анализа реальных задач, связанных с созданием современного спектрального и, прикладных и медицинских исследований.

Темы и разделы курса:**1. Свет как электромагнитные волны**

Законы геометрической оптики. Корпускулярная теория. Волновая природа света. Квантовые свойства света. Фотоны. Энергия и импульс. Шкала электромагнитных волн.

Решение уравнений Максвелла для идеализированной диэлектрической среды. Поляритоны. Поляризация электромагнитной волны в материальной среде. Выражения для диэлектрической проницаемости и линейной поляризуемости. Электромагнитные волны в сегнетоэлектриках и в плазме. Мягкие моды вблизи точек структурных фазовых переходов.

2. Понятие когерентности

Когерентные источники волн. Явление интерференции. Интерференционные схемы. Интерференционные светофильтры и просветляющие покрытия. Многослойные диэлектрические зеркала.

Дифракция на щели и круглом отверстии. Микроскоп и телескоп. Дифракционная решётка. Голографические решетки.

Отражение и преломление света на границе изотропных диэлектриков. Формулы Френеля. Полное внутреннее отражение. Угол Брюстера. Отражение и преломление света на границе: вакуум-фотонный кристалл.

3. Энергия электромагнитных систем

Излучательная и поглощательная способность. Закон Кирхгофа. Абсолютно черное тело. Формула Рэлея-Джинса. Формула Планка. Закон Стефана Больцмана. Закон смещения Вина. Тепловое излучение фотонного кристалла.

Спектры излучения атомов, молекул и конденсированных сред. Электролюминесценция. Радиолюминесценция. Фотолюминесценция. Длительность люминесценции. Фосфоры. Люминесцентная спектроскопия и аналитические методы. Излучение Вавилова-Черенкова. Переходное и синхротронное излучение.

4. Физика лазеров

Инверсная заселенность и методы её создания. Принцип действия лазера. Твердотельные лазеры. Газовые лазеры. Управление параметрами лазерного излучения. Генерация сверхкоротких импульсов.

5. Спектральные приборы

Спектрографы и монохроматоры. Спектрометры комбинационного рассеяния. Люминесцентные спектрометры. Люминесцентный микроскоп. Комбинационный микроскоп. Фурье-спектрометры. Акустооптический спектрометры. Полихроматоры. Приёмники излучения. Системы стробирования. Обработка спектральной информации.

6. Виды электромагнитного излучения

Спонтанное и вынужденное излучение. Коэффициенты Эйнштейна. Понятие о силе осцилляторов. Переходы различной мультиплетности, правила отбора для электро-дипольного, магнитно-дипольного и электро-квадрупольного излучения. Ширины

энергетических уровней и спектральных линий.

7. Когерентные явления

Когерентное взаимодействие. Резонансное приближение. Гамильтониан атома в электромагнитном поле. Динамическое полевое уширение. Нутации. Когерентное затухание. Метод медленных амплитуд. $\pi/2$ и π -импульсы.

Фотонное эхо и самоиндуцированная прозрачность. Поляризация при воздействии двумя короткими резонансными импульсами. Обратимая расфазировка. Длительность сигнала эха. Синус-уравнение Гордона. Автомодельное решение. 2π -импульс. Солитоны.

8. Атомная и молекулярная спектроскопия

Спектры водорода и щелочных металлов. Уровни энергии и спектры. Тонкая структура уровней. Вакуумный сдвиг. Спектральные серии щелочных металлов. Квантовый дефект. Дублетная структура уровней.

Приближение центрального поля. Электростатическое и магнитное взаимодействие электронов. Типы связей. LS-связь. Определение набора термов для конфигураций с неэквивалентными и эквивалентными электронами. Исходные термы. Мультиплетная структура термов. Связь типа jj , связь типа jl .

Двухатомные молекулы. Адиабатическое приближение Борна-Оппенгеймера для описания ядерной и электронных подсистем молекул. Кривые потенциальной энергии и электронные термы молекулы (связанные и отталкивательные). Структура колебательно-вращательных уровней энергии. Мультиплетные термы: случаи a, b, c и d. Симметрия молекулярных термов. π -удвоение. Преддиссоциация. Излучение двухатомных молекул (электронные, колебательные и вращательные спектры). Правила отбора. Принцип Франка-Кондона. Изотопический эффект.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Сеточные методы и технологии для численного решения кинетического уравнения

Цель дисциплины:

- изложение основ вычислительных методов для решения кинетического уравнения Больцмана;
- введение в сеточные методы, описание схем первого и второго порядка;
- изложение разностных схем, сходимости, устойчивости, погрешности аппроксимации, теоремы Куранта, спектрального признака;
- изложение явной четырехточечной схемы, неявной шеститочечной схемы, консервативных схем.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области вычислительных методов для решения задач математической физики;
- обучение студентов основным методам и подходам, используемым в кинетической теории, изучение базовых принципов кинетической теории, основанной на уравнении Больцмана;
- формирование подходов, основанных на конечно-разностных аппроксимациях оператора адвекции кинетического уравнения, расщепление кинетического уравнения по физическим процессам. Дискретная реализация начальных и граничных условий.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- принципы и методы кинетической теории Больцмана, получения когерентного излучения, физические явления, лежащие в основе методов переноса газов и излучений в сложных средах и композициях.

уметь:

- численно решать кинетическое уравнение.

владеть:

- методами компьютерного моделирования газокинетических процессов, методами разработки проблемно-моделирующих сред на современных суперкомпьютерных системах.

Темы и разделы курса:

1. Аппроксимация дифференциальной задачи в частных производных.

Уравнение переноса. Разностные схемы. Сходимость. Устойчивость. Теорема Куранта. Спектральный признак. Численное решение уравнение переноса для гладких и разрывных начальных условий с помощью явных и неявных схем первого порядка точности.

2. Кинетическое уравнение в случае действия внешних сил.

Расщепление сложного уравнения. Проблема граничных условий в скоростном пространстве. Случай пространственной симметрии. Решение кинетического уравнения в поле тяжести.

3. Консервативные схемы.

Проблема граничных точек для TVD-схем. Функция распределения. Кинетическое уравнение Больцмана в отсутствие столкновений. Диффузное отражение. Решение одномерного уравнения Больцмана в отсутствие столкновений с граничным условием диффузного отражения (задача о термосе).

4. Паразитические осцилляции. Понятие монотонности схемы.

Теоремы Годунова. Полная вариация. TVD-схемы. Теоремы Хартена. Примеры ограничителей. Практический вид TVD-схем. Численное решение уравнение переноса для гладких и разрывных начальных условий с помощью TVD-схем построенных на основе minmod limiter, MC-limiter и van Leer limiter.

5. Программная система генерации сеток GMSH.

Система генерации сеток GMSH. Примеры.

6. Разностные схемы второго порядка точности.

Явная четырехточечная схема. Искусственная вязкость. Неявная шеститочечная схема. Метод прогонки. Трехслойная разностная схема. Численное решение уравнение переноса для гладких и разрывных начальных условий с помощью явных и неявных схем второго порядка точности.

7. Сетки. Сеточные функции.

Разностная аппроксимация дифференциальных операторов. Погрешность аппроксимации. Решение ОДУ первого порядка.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Симметрии в физике частиц

Цель дисциплины:

Изучение методов теории групп и их представлений, играющих важную роль в современной физике, в том числе в Стандартной Модели физики частиц.

Задачи дисциплины:

формирование понимания роли симметрий в физике

знакомство с симметриями, встречающимися в физике частиц

обучение терминологии и методологии применения теории групп в физике

приобретения навыков построения теорий с заданными симметриями

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основы теоретико-группового подхода построения физических теорий

уметь:

строить лагранжианы теорий с заданными симметриями

владеть:

навыками освоения большого объема информации, навыками самостоятельной работы.

Темы и разделы курса:

1. Роль симметрий в физике.

Понятие симметрии, связь с теорией групп. Различные примеры: P, T симметрии, группы Галилея и Лоренца. Симметрия как ведущий принцип при построении теорий.

2. Конечные группы и их представления.

Понятие конечных групп и их представлений. Неприводимые представления, пример P симметрии. Группа перестановок. Нахождение собственных мод колебаний с помощью теории групп.

3. Группы и алгебры Ли.

Понятие групп и алгебр Ли и их представлений. Компактные группы Ли. Матричные группы $SO(n)$, $SU(n)$. Группа как симметрия билинейной формы.

4. Конечномерные представления группы $SU(2)$.

Группы $SU(2)$ и $SO(3)$, их связь. Конечномерные представления группы $SU(2)$, понятие спина. Разбиение тензорного произведения представлений на неприводимые представления.

5. Теория групп и классификация состояний в квантовой механике.

Классификация состояний в квантовой механике с точки зрения теории групп. Собственные состояния как элементы неприводимого представления. Алгебра Картана.

6. Построение теорий с заданными симметриями.

Поля как неприводимые представления групп симметрий. Примеры $SU(2)$ - и $SU(3)$ -лагранжианов с различными представлениями полей. Понятие самодействия и взаимодействия полей.

7. Представления группы Лоренца.

Группа Лоренца и её подгруппы. Неприводимые представления группы Лоренца. Понятие бозонов и фермионов.

8. Конечномерные представления группы $SU(3)$.

Группа $SU(3)$ и её алгебра. Понятие корней и весов. Построение произвольных представлений группы $SU(3)$.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Система Wolfram Mathematica

Цель дисциплины:

Формирование базовых знаний по устройству языка Wolfram Language и применению базирующейся на нём системы Wolfram Mathematica в естественно-научных и иных практических задачах.

Задачи дисциплины:

- Формирование у обучающихся базовых знаний по структуре и принципам работы языка программирования Wolfram Language;
- формирование навыков работы с системой Wolfram Mathematica;
- формирование умений и навыков применять полученные знания для решения практических задач.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Принципы устройства языка Wolfram Language;
- используемые приёмы и методы написания программ с помощью пакета Wolfram Mathematica.

уметь:

- Выбирать оптимальные алгоритмы для современных программ;
- разрабатывать полные законченные программы в системе Wolfram Mathematica;
- разрабатывать программы в системе Wolfram Mathematica как индивидуально, так и в команде; применять функциональный, традиционный и шаблонный подходы для написания программ;
- использовать знания по информатике для приложения в научно-инновационной, конструкторско-технологической и производственно-технологической сферах деятельности.

владеть:

- Языком программирования Wolfram Language и методами создания программ с использованием подключаемых пакетов;

- программой Wolfram Mathematica;

навыком самостоятельного изучения любых новых для себя областей применения языка Wolfram Language на основе знаний о принципах его устройства.

Темы и разделы курса:**1. Устройство Wolfram Language**

Интерфейс Wolfram Mathematica. Основополагающая роль Документации Wolfram в изучении Wolfram Language. Широта возможностей Wolfram Mathematica. Понятие выражения. «Всё есть выражение.» Виды выражений. Голова выражения как тип выражения в традиционном понимании. Аргументы сложного выражения. Символы. Системные и пользовательские символы. Основные системные символы. Полная и краткая запись выражения. Общий алгоритм вычисления выражений. Изменение порядка вычисления. Атрибуты символов. Понятие шаблона. Соответствие выражения шаблону. Точные и универсальные шаблоны. Спецификации универсальных шаблонов. Шаблонные конструкции. Спецификации шаблонных конструкций. Полный и краткий вид шаблонов. Шаблонные правила замены. Обычные и отложенные правила замены. Трансформация выражения на основе применения правил замены.

Переменные и функции как ядерные правила замены. Вычисление выражений как применение ядерных правил замены. Задание переменных и функций через присваивание. Обычные и отложенные присваивания. Перегрузка функции как задание нескольких различных шаблонов. Кэширование.

2. Решение элементарных задач в Wolfram Mathematica

Лист – выражение с головой List. Создание листов (Table, Range, Array, ConstantArray). Методы работы с элементами листа. Применимость методов к другим типам выражений. Традиционные циклы (For, While). Поэлементное применение функций (функция Map). Замена головы выражения (функция Apply). Атрибут Listable. Неэффективность традиционных циклов без использования специальных средств языка типа Compile. Возможности ускорения программ, использующих поэлементное применение функций.

Работа с файловой системой. Импорт и экспорт выражений. Универсальность функций Import и Export.

Чистая функция – выражение с головой Function. Атрибуты чистой функции. Выбор элементов выражения с помощью шаблонов или чистых функций. Ассоциации как функции.

Замена всех подходящих подвыражений по шаблону. Локализация символов. Функции With, Block, Module. Различия в принципах работы и времени выполнения. Выбор функции локализации в зависимости от особенностей задачи. Локальное переопределение системных символов-параметров.

3. Работа с символьными выражениями

Решение линейных и нелинейных уравнений в символьном виде. Решение дифференциальных и иных функциональных уравнений. Построение графиков функций, в т. ч. параметрических. Упрощение выражений. Группа системных символов Assumptions. Вычисление пределов, сумм и интегралов, в т. ч. с бесконечным пределом. Операции над символьными выражениями: раскрытие скобок, сворачивание, приведение к общему знаменателю, работа с комплексными числами.

Разложение выражений по формуле Тейлора. Асимптотические вычисления на примере вычисления интеграла с малым параметром.

4. Обработка экспериментальных данных

Импорт данных в сложных случаях.

Построение графиков по набору точек, в т. ч. комплексных. Аппроксимация набора точек. Работа с погрешностями.

Базы данных (функция Database). Создание базы данных, запросы к ней.

5. Комплексный подход в решении сложных задач

Связь Wolfram Language с внешними программами и компиляторами других языков программирования на примере Python и командной строки Linux. Запуск скриптов Wolfram Language из командной строки.

«Не изобретайте велосипед.» Подключение специализированных пакетов Wolfram Language. Графические объекты. Интерактивные вычисления. Функции Manipulate, Dynamic, DynamicModule. Интерактивные вычисления как начало решения сложной задачи. Визуализация полученных результатов.

Решение дифференциальных уравнений с изменяющимися в процессе решения функциями: NDSolve и WhenEvent. Функции Wolfram Language как «чёрные ящики». Поиск траектории движения скачущего шарика на неровной поверхности. Принцип «разделяй и властвуй».

Поиск всех нулей функции на промежутке с помощью символов решения дифференциальных уравнений с изменяющимися функциями.

Методы ускорения работы программы. Параллельные вычисления. Использование различия Set/SetDelayed для ускорения кода.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Системы сбора данных в физике высоких энергий

Цель дисциплины:

Данный курс знакомит студента с основными детекторами, лежащими в основе физических установок в области физики ядра и элементарных частиц. Он создает необходимую базу для дальнейшего изучения и анализа экспериментальных установок. В ходе лабораторных, входящих в настоящий курс, студенты получают навыки экспериментальной работы, необходимые для проведения исследований по НИР. Кроме того, в рамках данного курса изучаются системы сбора и накопления информации, используемые в ядерно-физических экспериментах и построение электроники детекторов.

Задачи дисциплины:

- ознакомление студента с основными типами детекторов элементарных частиц;
- получение начальных практических навыков работы с этими детекторами;
- получение представления об устройстве систем сбора и накопления информации.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- эффекты, возникающие при прохождении частиц через вещество;
- основные типы детекторов элементарных частиц, их устройство и принцип работы;
- основные компоненты систем сбора и накопления информации.

уметь:

- оценивать потери энергии частицы при прохождении детектора и его отклик;
- работать с основными типами детекторов;
- работать с системами сбора и накопления информации;
- создавать простейший микрокод для ПЛИС и микроконтроллеров.

владеть:

- опытом работы с основными детекторами и системами считывания;
- опытом обработки событий.

Темы и разделы курса:

1. Идентификация частиц

- Измерение импульса в магнитном поле.
- dE/dx .
- Время пролета.
- Черенковские детекторы.
- Детекторы переходного излучения.
- Мюоны и электроны.

2. Калориметры

- Электромагнитные калориметры.
- Адронные калориметры.

3. Исторические детекторы и детекторы без электронного считывания

Камеры Вильсона и пузырьковая.

Стриммерная и искровая камеры.

Ядерные фотоэмульсии и пластиковые детекторы.

4. Введение в системы сбора и накопления информации

- Событие и триггер.
- Информация, получаемая с физических детекторов.

5. Выработка триггера

- Быстрая электроника.
- Мертвое время.
- Многоуровневый триггер.
- Лабораторная работа «Быстрая электроника и выработка триггера»

6. Некоторые аспекты компьютеров и программирования

- Прерывания и время реакции.
- Системы реального времени.
- Интернет.

- Лабораторная работа «Программирование микроконтроллера»
7. Специализированные интерфейсы
- САМАС.
 - VME и другие интерфейсы.
 - Последовательные интерфейсы.
 - Лабораторная работа «САМАС»
 - Лабораторная работа «Последовательный интерфейс»
8. Введение в современную электронику
- Микросхемы FPGA (Field Programmable Gate Array) и CPLD (Constant Programmable Logic Device).
 - Быстрые АЦП.
 - ASIC (Application Specific Integrated Circuit).
 - Лабораторная работа «Программирование FPGA»
9. Управление и автоматическое регулирование
- Контроль поступающей информации.
 - «Медленный» контроль.
 - Лабораторная работа «LabView»
10. Обработка экспериментальных данных
- Введение в пакет root.
 - Лабораторная работа «Обработка данных с пропорциональных и дрейфовых камер».

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Современная гидродинамика

Цель дисциплины:

- ознакомление студентов с основами теоретической механики жидких сред, ее современными проблемами и методами исследования;
- применение гамильтоновского формализма при рассмотрении движения идеальной жидкости;
- знакомство студентов с элементами вариационного исчисления;
- научить студентов решать содержательные задачи по гидродинамике.

Задачи дисциплины:

познакомить студентов с основными понятиями и идеями в этой области, с постановкой задач и подходами к их решениям. Предполагается, что прослушав этот курс, студенты смогут читать и понимать текущую научную периодику в этой области.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия по теме дисциплины.

уметь:

- пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования, решать задачи по теме дисциплины.

владеть:

- математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

Темы и разделы курса:

1. Определения и основные уравнения идеальной жидкости

Непрерывность среды, число Деборы, непрерывные потоки и Задача тысячелетия на один миллион долларов.

2. Гидростатика и атмосфера Земли

Уравнения Эйлера идеальной гидродинамики.

3. Законы сохранения и потенциальные течения

Потоки энергии и импульса, законы Бернулли. Теорема Кельвина – новый тип закона сохранения. Конформно инвариантные потоки.

4. Движение сквозь жидкость

Присоединенная масса – первая перенормировка в физике. Квазиимпульс и импульс. Лучший способ плыть. Парадокс обратимости.

5. Внутреннее трение и вязкость

Вязкий тензор напряжений. Уравнение Навье-Стокса. Законы подобия, число Рейнольдса и проектирование промышленных установок. Электроны в графене и парадокс Стокса.

6. Вязкость и первая аномалия в физике

Пограничный слой и отрывные течения. Сопротивление и подъемная сила. Как кумулятивный снаряд пробивает броню танка. Метаморфозы течений с ростом числа Рейнольдса.

7. Неустойчивости

Неустойчивость Кельвина-Гельмгольца. Энергетический критерий. Закон Ландау.

8. Возбуждение турбулентности в неустойчивой и устойчивой системах

Турбулентный каскад. Турбулентные течения в трубах и реках.

Перемешивание ламинарное и перемешивание турбулентное. Как быстро инъекция распространяется по организму потоком крови?

9. Звук

Гамильтониан звуковых волн. Квадратичное приближение и нормальные переменные. Нелинейные эффекты, вычисление матричных элементов нелинейного взаимодействия волн.

10. Одномерная газовая динамика

Характеристики. Инварианты Римана. Метод годографа. Опрокидывание простых волн. Ударные волны. Разрывы в начальных условиях. Теория "мелкой воды". Уравнение Бюргерса.

11. Волны на свободной поверхности

Лагранжиан потенциальных несжимаемых течений со свободной поверхностью в общем виде. Пузыри и капли. Канонические переменные. Закон дисперсии поверхностных волн. Асимптотическое разложение гамильтониана по степеням малого параметра нелинейности. Конкуренция дисперсии и нелинейности в бегущей волне, уравнение Кортевега-де-Вриза,

солитоны. Конформные переменные в плоской задаче со свободной границей. Задача о возбуждении волн ветром.

12. Нелинейное резонансное взаимодействие волн

Редукция гамильтонианов. Задача волн. Взрывная неустойчивость. Нелинейное уравнение Шредингера (НУШ) для огибающей слабонелинейной квазимонохроматической волны. Волновые коллапсы. Слабонадкритические неустойчивости, образование структур. Волновая турбулентность. Кинетическое уравнение. Каскад энергии и волнового действия.

13. Вихревые структуры в идеальной жидкости

Вихревые листы, неустойчивость тангенциального разрыва. Двумерные течения с кусочно-постоянной завихренностью. Тонкие вихревые нити в пространстве и точечные вихри в плоскости. Гамильтониан и динамика точечных вихрей, применение ТФКП. Закон дисперсии для малых возмущений прямой вихревой нити. Неустойчивость Кроу двух антипараллельных вихревых нитей. Проблема образования конечно-временных особенностей из гладких начальных данных в решениях уравнения Эйлера.

14. Вязкая жидкость

Движение вязкой жидкости между вращающимися цилиндрами. Закон подобия. Течения при малых числах Рейнольдса. Обтекание шара, формула Стокса. Обтекание цилиндра, уравнение Осена. Ламинарный след. Ламинарный пограничный слой, уравнения Прандтля. Теплопроводность в жидкости. Свободная конвекция. Конвективная неустойчивость неподвижной жидкости.

15. Сверхтекучая гидродинамика

Спектр элементарных возбуждений в квантовой бозе-жидкости и явление сверхтекучести. Двухскоростная гидродинамика. Квантованные вихревые нити. Вихревая решетка, волны Ткаченко. Сверхтекучая турбулентность. Слабо неидеальный бозе-газ при нуле температур, уравнение Гросса-Питаевского. Неустойчивость конденсата и коллапс волновой функции в случае притяжения.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Современная квантовая теория поля

Цель дисциплины:

- формирование у студентов представления об основных методах и концепциях современной (продвинутой) квантовой теории поля.

Задачи дисциплины:

- обучение студентов продвинутым методам квантовой теории поля, которые были разработаны во второй половине 20 века.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные принципы и идеи для вычисления амплитуд и сечений рассеяния процессов квантовой электродинамики

уметь:

эффективно использовать на практике теоретические понятия, решать базовые задачи, связанные с соответствующими примерами квантовой электродинамики

владеть:

основными методами квантовой теории поля такими, как диаграммная техника Фейнмана

Темы и разделы курса:

1. Взаимодействие полей

В этой теме обсуждается разложение корреляционных функций в ряд по теории возмущений. Эта тема включает в себя такие фундаментальные вопросы, как диаграммная техника Фейнмана, теорема Вика и S-матрица.

2. Примеры процессов квантовой электродинамики

Проделаем ряд релятивистских вычислений, которые важны для пониманий всех реакций на ускорителях. Сначала обсудим аннигиляцию электрон-позитронных пар в пару более тяжелых фермионов. Затем рассмотрим комптоновское рассеяние и вычислим его сечение.

3. Радиационные поправки

В предыдущем разделе мы рассматривали только древесное приближение, не учитывая петлевые диаграммы. Однако почти всегда в КТП имеются вклады высших порядков от диаграмм с петлями, носящие название радиационных поправок. Кроме того, в КЭД другим источником радиационных поправок является тормозное излучение.

4. Перенормировки

При вычислении фейнмановских диаграмм постоянно возникают расходимости. В этой теме мы обсудим как систематически удалять ультрафиолетовые расходимости в теориях поля. Обсудим разные подходы, включая метод ренормгруппы.

5. Неабелевы калибровочные поля

В этой теме мы обсудим введение в обширную теорию электрослабых взаимодействий. Познакомимся с геометрическими структурами калибровочной инвариантности, лагранжианом Янга-Миллса и оператором петли Вильсона.

6. Квантование неабелевых калибровочных теорий

Введем правила для вычисления фейнмановских диаграмм для неабелевых калибровочных векторных частиц. Разберем примеры вычисления сечений некоторых процессов. Обсудим появление нефизических полей (духов) Фаддеева-Попова.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Современные детекторы в физике частиц

Цель дисциплины:

Данный курс знакомит студента с основными детекторами, лежащими в основе физических установок в области физики ядра и элементарных частиц. Он создает необходимую базу для дальнейшего изучения и анализа экспериментальных установок. В ходе лабораторных, входящих в настоящий курс, студенты получают навыки экспериментальной работы, необходимые для проведения исследований по НИР.

Задачи дисциплины:

- ознакомление студента с основными типами детекторов элементарных частиц;
- получение начальных практических навыков работы с этими детекторами;
- получение представления об устройстве систем сбора и накопления информации.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

содержание предмета курса «Современные детекторы в физике частиц», соответствующую терминологию и понятийный аппарат. Иметь представление об истории создания различных детекторов, применяемых в современной физике высоких энергий. Понимать логику построения современной крупной установки из элементарных частей.

уметь:

продемонстрировать необходимость каждого конкретного детектора данной большой установки, объяснить, чем определяется его выбор, кратко пояснить принцип действия одного из детекторов.

владеть:

способами оценки параметров и моделированием детекторов частиц, используемых в современных исследованиях.

Темы и разделы курса:

1. Общие принципы построения больших установок.

Неделя 1. Обзор различных типов элементарных детекторов, их характеристики, область применения.

Неделя 2. Процесс создания большой установки в физике частиц. Задачи, решаемые на различных этапах процесса.

2. Методика современного эксперимента.

Неделя 3. Искажения, вносимые детектором в процесс измерения. Необходимость их учета.

Неделя 4. Два подхода: моделирование и испытания на известных процессах. Калибровка большого детектора.

Неделя 5. Библиотека GEANT и ее использование для моделирования различных процессов в детекторе.

3. Устройство типичного детектора для коллайдерного эксперимента (на примере детектора Belle).

Неделя 6. Постановка физической задачи (наблюдение CP- нарушения в системе B- мезонов). Определение наблюдаемых параметров.

Неделя 7. Выбор конкретных элементарных детекторов, подходящих для проведения наблюдений. Общая компоновка детектора.

Неделя 8. Измерение. Учет ошибок эксперимента. Физический результат.

4. Устройство типичного детектора для неускорительного эксперимента (на примере детектора SNO).

Неделя 9. Различные источники сигнала в нейтринных экспериментах. Выбор типа источника.

Неделя 10. Выделение редкого процесса по характерным распределениям. Оптимизация критериев отбора.

Неделя 11. Подавление фоновых событий. Активная и пассивная защита.

5. Устройство типичного детектора для экспериментов на неподвижной мишени (на примере детекторов Hera-B/LHCb).

Неделя 12. Особенности экспериментов с фиксированной мишенью. Множественность события.

Неделя 13. Многоуровневый триггер. Быстрое принятие решения о возможности дальнейшего анализа события.

Неделя 14. Системы сбора данных. Организация хранения и обработки данных.

Неделя 15. Обзорная лекция. Современные большие установки.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Современные информационные технологии и методы анализа данных

Цель дисциплины:

- привить студентам основные навыки работы с современными комплексами вычислительных и информационных систем;
- ознакомить студентов с современным математическим аппаратом обработки и анализа информации, извлечения полезной информации из экспериментальных данных (data mining);
- освоение студентами основных принципов обработки геологических и гидрогеологических данных.

Задачи дисциплины:

- обучить студентов методам и приемам моделирования экспериментальных данных и обработки результатов измерений;
- ознакомить и обучить студентов со стандартными методами численного решения уравнений, включая дифференциальные уравнения и краевые задачи, методам аппроксимации и экстраполяции;
- ознакомить студентов с приемами аналитических вычислений с использованием прикладных пакетов для персональных компьютеров;
- привить навыки адекватной визуализации результатов численных расчетов (графики, трехмерные изображения, гистограммы, анимация);
- изучение основ нелинейной статистики, нейронных сетей и их приложений к геостатистической информации;
- изучение основ теории некорректных задач в рамках, необходимых для понимания принципов обучения нейронных сетей;
- освоение студентами базовых методов и подходов к анализу геологической и гидрогеологической информации;
- изучение студентами наиболее актуальных и часто используемых нейросетевых моделей;
- освоение студентами подходов к обучению нейронных сетей;
- обучение студентов методам практического использования моделей статистического анализа данных.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основы булевой алгебры;
- способы задания функциональных зависимостей (явные и неявные функции, параметрические зависимости);
- основные законы распределения случайных величин, встречающихся в задачах моделирования и обработки наблюдательных данных;
- базовые математические постановки задач, используемые при решении проблемы извлечения "знания" из данных;
- методы решения задач классификации, аппроксимации функций, а также кластеризации данных и факторного анализа;
- методы регуляризации процесса машинного обучения: метод валидационных выборок, а также теорию решения некорректных задач Тихонова и Байесовской регуляризации;
- методы предобработки данных, сводящие конкретные прикладные задачи к типовым математическим постановкам;
- принципы интерпретации результатов обработки информации.

уметь:

- работать с современной вычислительной техникой и системами;
- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- получать наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценить степень их достоверности;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов;
- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
- сводить прикладные задачи к типовым математическим постановкам;
- разбираться в широко представленных на рынке математических пакетах, реализующих нейросетевые алгоритмы анализа данных, понимать принципы их работы;
- осуществлять правильную предобработку исходных данных, позволяющую корректно применять те или иные математические модели;
- делать выводы из результатов машинного обучения.

Владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы на ПК, в том числе в среде корпоративной сети и Интернета;
- методами генерации случайных чисел с заданными законами распределения в компьютерных экспериментах;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками правильной интерпретации результатов обработки экспериментальных данных;
- математическим аппаратом обработки и анализа информации;
- методами статистической обработки информации.

Темы и разделы курса:**1. АРМ вычислителя (на основе пакета MathCad).**

Интерактивные алгебраические расчеты.

Работа с матрицами и векторами.

Численное решение нелинейных (в т.ч. Трансцендентных) уравнений.

Различные способы задания функций — явные, параметрические и неявные.

Переменные, зависящие от индекса; построение рекуррентных вычислительных схем.

Работа с внешними файлами данных.

Графические средства представления данных — построение кривых и поверхностей.

Основы аналитических вычислений в среде mathcad.

Библиотеки mathcad.

2. Электронные таблицы (на основе пакета MS Excel).

Понятие электронной таблицы.

Построение выражений в ms excel, относительные и абсолютные адреса.

Статистическая обработка данных, построение регрессий.

Рекуррентные и рекурсивные процедуры, итерации в excel.

Графические средства excel.

Поиск данных по критериям, excel как простейшая СУБД.

Импорт данных из других субд, технология odbc.

Решение задач оптимизации (в частности, линейного программирования) в excel.

3. Пакет «Mathematica» как средство аналитических и численных расчетов.

Понятие об интерпретаторе как вычислительной среде.

Создание правил и шаблонов в вычислительной среде интерпретатора.

Элементы программирования в среде интерпретатора.

Знакомство с библиотеками mathematica.

4. Системы управления базами данных (на основе MS Access).

Основные понятия о реляционных базах данных.

Идеология проектирования субд, модели «сущность–связь».

Обеспечение реляционной целостности данных.

Логические таблицы в СУБД.

Идеология многозвенного доступа к данным: sql-серверы и серверы услуг.

5. Анализ и моделирование пространственных корреляций пространственно-распределенных данных.

Вариограмма как мера, описывающая пространственную корреляцию.

Вычисление вариограммы по исходным данным (экспериментальная вариограмма).

Математические модели вариограмм и их особенности.

6. Геостатистические методы пространственных интерполяций.

Основные ограничения классической геоestatистики (стационарность 2 порядка и внутренняя гипотеза).

Простой кригинг – предположения и вывод, свойства.

Обычный кригинг и его свойства.

Кригинговая вариация и ее интерпретация.

7. Стохастическое моделирование.

Пространственная неопределенность – пространственная совместная функция распределения.

Последовательный принцип стохастического моделирования и алгоритм его практической реализации.

Геостатистические методы стохастического моделирования, основанные на последовательном принципе.

Моделирование отжига.

8. Вероятностное картирование.

Задача оценки локальной функции распределения, как общая задача анализа данных.

Индикаторный подход.

Стохастическое моделирование.

9. Искусственные нейронные сети (ИНС).

Принципы искусственной нейронной сети.

Элементы искусственной нейронной сети.

Структуры искусственных нейронных сетей.

Подходы к обучению искусственных нейронных сетей.

Обучение ИНС «без учителя».

10. Многослойный персептрон (МСП) как ИНС прямого распространения.

Элементы и структура МСП.

Инициализация и обучение МСП (обучение «с учителем»).

Метод обратного распространения ошибки.

11. Применение нейронных сетей для анализа и моделирования данных.

Моделирование нелинейного крупномасштабного тренда.

Нейронная сеть обобщенной регрессии.

12. Существующие геоинформационные системы.

Обзор существующих геоинформационных систем.

Сопоставление существующих геоинформационных систем.

13. Классификация и форматы.

Классификация топографических карт.

Форматы хранения картографической информации.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Современные проблемы физики конденсированного состояния и низкоразмерных систем

Цель дисциплины:

дать студентам знания о теории конденсированного состояния и ее приложений к описанию физических свойств современных квантовых материалов, включая высокотемпературные сверхпроводники, графен, магнитные двумерные материалы и ван-дер-ваальсовы гетероструктуры. Материалы лекций могут быть в дальнейшем адаптированы для дальнейшей исследовательской деятельности студентов. Курс нацелен на развитие творческих навыков постановки перспективных научных задач в области современных квантовых материалов.

Задачи дисциплины:

- овладение необходимыми основами теории конденсированного состояния;
- изучение методов описания электронных, магнитных, оптических и сверхпроводящих свойств;
- получение знаний о современных низкоразмерных материалах.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основы теории конденсированного состояния
- основные применения теории конденсированного состояния к описанию свойств материалов
- основные аспекты свойств современных низкоразмерных материалов.

уметь:

- вычислять спектр магнитных возбуждений
- вычислять диэлектрическую проницаемость и оптическую проводимость
- анализировать сверхпроводящие свойства материалов в простейших приближениях.
- моделировать новые типы материалов на базовом уровне.

Владеть:

- методами вычисления характеристик современных материалов
- основными методами определения взаимосвязи электронных, магнитных и зарядовых свойств
- методами описания низкоразмерных систем.

Темы и разделы курса:

1. Зонная структура. Теория Хартри-Фока. Приближение локальной плотности. Уравнения Кона-Шема.

Часть I. Современная электронная теория материалов

1. Зонная структура I. Вывод уравнений Хартри-Фока – их достоинства и недостатки. Решение уравнений Хартри-Фока для однородного электронного газа. Кинетическая и обменная энергия в приближении Хартри-Фока. Приближение локальной плотности. Вывод уравнений Кона-Шема.

2. Квазиволновой вектор, выбор его значения и область определения. Теорема Блоха. Функции Ваннье. Теория сильной связи.

2. Зонная структура II. Квазиволновой вектор, выбор его значения и область определения. Теорема Блоха (без доказательства). Функции Ваннье, их связь с волновыми функциями Кона-Шема. Формулировка гамильтониана в пространстве функций Ваннье. Теория сильной связи.

3. Вторичное квантование.

3. Вторичное квантование. Пространство Фока. Вторичное квантование для бозонов. Представление квантово-механического гамильтониана в пространстве Фока. Вторичное квантование для фермионов.

4. Модель Хаббарда. Теория Хартри-Фока из вторичного квантования.

4. Модель Хаббарда. Формулировка модели и ее вывод из многочастичного гамильтониана. Теория Хартри-Фока для модели Хаббарда.

5. Свойства магнитной восприимчивости. Приближение случайных фаз.

Часть II. Магнитные свойства.

5. Свойства магнитной восприимчивости. Восприимчивость как функция линейного отклика. Соотношения Крамерса-Кронига. Особенности импульсной и частотной зависимости восприимчивости. Приближение случайных фаз.

6. Теории Стонера и Мории, слабые зонные магнетики.

6. Теория Стонера, слабые зонные магнетики. Уравнения теории Стонера, предел малой намагниченности. Зависимость температуры Кюри от плотности состояний. Критические индексы и квантовый фазовый переход в теории Стонера. Связь полученных результатов с анализом приближения случайных фаз. Термодинамический потенциал Гиббса в теории Стонера. Разложение термодинамического потенциала по степеням намагниченности. Связь с теорией Ландау.

7. Волны спиновой плотности – теория Оверхаузера.

Волны спиновой плотности. Теория Оверхаузера. Уравнения теории среднего поля для волны спиновой плотности и их анализ. Магнитная восприимчивость в состоянии с волной спиновой плотности. Конкуренция различных типов магнитного порядка.

8. Теория Мории, флуктуационные поправки к восприимчивости.

8. Теория Мории. Флуктуационные поправки к термодинамическому потенциалу и магнитной восприимчивости. Поправка Мории. Приближенное выполнение закона Кюри-Вейсса в теории Мории.

9. Квантовые фазовые переходы и их критические индексы.

9. Квантовые фазовые переходы и их критические индексы. Понятие о критических индексах квантовых фазовых переходов. Перечень результирующих критических индексов в различных подходах – теория среднего поля, теория Мории.

10. Магнетизм локализованных магнетиков в рамках модели Гейзенберга.

10. Магнетизм локализованных магнетиков в рамках модели Гейзенберга. Модель Гейзенберга. Теория среднего поля. Представление спиновых операторов через бозевские (представление Дайсона-Малеева). Спектр магнонов, намагниченность, и другие физические свойства магнетиков.

11. Магнетики с локализованными магнитными моментами и способы их описания.

11. Локализованные антиферромагнетики. Спектр спиновых волн, намагниченность, и другие физические свойства антиферромагнетика.

12. Колебания атомов одноатомного кристалла. Квантование колебаний атомов. Фононы. Дебаевское приближение.

Часть III. Колебания решетки

12. Колебания атомов одноатомного кристалла. Уравнение колебаний. Определение собственных частот и их зависимость от волнового вектора. Квантование колебаний атомов. Фононы. Дебаевское приближение.

13. Термодинамика колеблющегося кристалла. Тепловая энергия и теплоёмкость. Температурное расширение.

13. Термодинамика колеблющегося кристалла. Тепловая энергия и теплоёмкость. Температурное поведение теплоёмкости. Уравнение состояния кристалла как целого. Температурное расширение.

14. Электрон-фононное взаимодействие в металле и его вклад в межэлектронное взаимодействие. Косвенное взаимодействие между ионами через электроны.

14. Электрон-фононное взаимодействие в металле. Межэлектронное взаимодействие через фононы. Косвенное взаимодействие между ионами через электроны.

15. Фононная сверхпроводимость. Уравнения БКШ.

Часть IV. Сверхпроводимость.

15. Фононная сверхпроводимость. Уравнения БКШ и их решение. Температурная зависимость щели. Температура перехода.

16. Теория необычной сверхпроводимости – симметричный анализ и микроскопическая теория.

16. Теория необычной сверхпроводимости. Симметричный анализ и уравнение для сверхпроводящей щели. Термодинамические свойства. Микроскопический механизм необычной сверхпроводимости.

17. Оператор плотности в представлении чисел заполнения для свободных и произвольных одночастичных состояний. Коррелятор «плотность – плотность».

Часть V. Зарядовые корреляции

17. Оператор плотности. Оператор плотности в представлении чисел заполнения для свободных и произвольных одночастичных состояний. Коррелятор «плотность – плотность».

18. Диэлектрическая проницаемость электронов металла. Спектр плазменных колебаний системы взаимодействующих электронов, их затухание.

18. Диэлектрическая проницаемость. Неоднородная диэлектрическая проницаемость электронов металла, ее характерные особенности. Предельные случаи по частоте и волновому вектору. Спектр плазменных колебаний системы взаимодействующих электронов, их затухание.

19. Оптическая проводимость металлов.

19. Оптическая проводимость. Связь оптической проводимости с диэлектрической проницаемостью. Характерные режимы оптической проводимости в металле.

20. Особенности Кона и их влияние на физические свойства.

Часть VI. Свойства низкоразмерных материалов.

20. Особенности Кона. Энергетический спектр в присутствии особенностей Кона. Вклад особенностей Кона в диэлектрическую проницаемость, магнитную восприимчивость, спектр фононов, сверхпроводящие свойства.

21. Особенности ван Хофа и их влияние на магнетизм и сверхпроводимость.

21. Особенности ван Хофа. Энергетический спектр в присутствии особенностей ван Хофа. Вклад особенностей ван Хофа в диэлектрическую проницаемость, магнитную восприимчивость, спектр фононов, сверхпроводящие свойства.

22. Обзор современных материалов. ВТСП: купраты и пниктиды железа

22. Обзор современных материалов. ВТСП соединения. Купраты и пниктиды железа – два разных класса ВТСП соединений. Аномалии нормального состояния купратов и пниктидов. Механизмы сверхпроводящего спаривания.

23. Обзор современных материалов. Графен и материалы на основе графена.

23. Обзор современных материалов. Графен и материалы на основе графена. Энергетический спектр графена. Свойства диэлектрической проницаемости. Двухслойный графен и двухслойный графен с поворотом между слоями.

24. Обзор современных материалов. Двумерные магнитные материалы.

24. Обзор современных материалов. Двумерные магнитные материалы. Классы двумерных магнитных материалов и их свойства. Теоретические подходы к исследованию двумерных материалов.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Современные эксперименты в физике высоких энергий

Цель дисциплины:

Цель курса – освоение студентами представлений о современных фундаментальных физических теориях, изучение основ квантовой теории как описания микромира и основ общей теории относительности как описания макромира.

Задачи дисциплины:

- знакомство студентов с методами экспериментальной работы в физике высоких энергий;
- формирование представления об основных современных экспериментах в физике частиц.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- лагранжиан скалярного поля, спинорного поля, электродинамики;
- теорему Нётер;
- процедуру квантования свободного электромагнитного поля;
- состав полей материи и взаимодействия стандартной модели;
- симметрии стандартной модели;
- действие Гильберта - Эйнштейна;
- уравнения Эйнштейна;
- метрику Шварцшильда;
- уравнения Фридмана.

уметь:

- эффективно применять вышеуказанные знания на практике для решения фундаментальных и прикладных научных задач в области современной теоретической физики элементарных частиц.

владеть:

- методом вычисления нётеровского тока по лагранжиану;
- техникой работы с операторами рождения и уничтожения бозонов и фермионов;
- техникой вывода конкретного вида уравнений Эйнштейна для метрик с определенной симметрией;
- методами нахождения геодезических в заданном гравитационном поле;
- методом вывода возраста Вселенной в модели Λ CDM.

Темы и разделы курса:

1. Стандартная модель. Суперсимметрия.

ОИЯИ как международная межправительственная организация. Краткая история, структура, устав. Основные направления научной деятельности.

Стандартная модель. Суперсимметрия. Новая физика. Сильное ядерное взаимодействие и квантовая хромодинамика.

2. Взаимодействие частиц с веществом.

Взаимодействие частиц с веществом. Основные типы детекторов частиц (визуальные, газовые, сцинтилляционные, черенковские, полупроводниковые). Основные элементы экспериментальных установок на выведенных и встречных пучках.

3. Основные направления деятельности ЦЕРН.

Основные направления деятельности ЦЕРН. ЦЕРН и экспериментальное подтверждение теории электрослабого взаимодействия (от нейтральных токов до LEP и определения числа поколений) Центры ФВЭ США.

4. Экспериментальное подтверждение кварковой модели.

Экспериментальное подтверждение кварковой модели. Физика на Большом адронном коллайдере. Эксперимент ATLAS. Прецизионные проверки КХД. Эксперимент BES-III. Изучение внутренней структуры адронов. Спиновая физика. Эксперимент COMPASS. Спиновая программа на коллайдере НИКА.

5. Физика нейтрино.

Физика нейтрино. Эксперименты Nova, DayaBay, Байкал. Релятивистская ядерная физика. Планируемые эксперименты на коллайдере НИКА. Эксперименты с космическими лучами.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Спектроскопия конденсированных сред

Цель дисциплины:

Цель курса состоит в ознакомлении студентов старших курсов МФТИ с оптическими и спектральными свойствами конденсированных тел, а также с современными оптическими методами, применяемыми при экспериментальном исследовании твердотельных структур. Содержание курса рассчитано на студентов, специализирующихся в области оптики и спектроскопии, физики твердого тела, люминесценции и физики взаимодействия излучения с веществом. Изложение курса начинается с рассмотрения основ физики твердого тела. Описываются основные приближения, используемые в физике конденсированного состояния. При изложении методов расчета зонной структуры особый упор делается на рассмотрение конкретных материалов. После рассмотрения основ электродинамики сплошных сред проводится систематизированное рассмотрение спектральных свойств различных твердотельных объектов и методов теоретического описания этих свойств. Курс заканчивается обзором актуальных задач спектроскопии конденсированного состояния. Семинарские занятия главным образом посвящены рассмотрению специфики оптических свойств конкретных кристаллов, а также закреплению понимания теоретического материала через решение задач. Успешное освоение материалов данной дисциплины должно позволить выпускникам бакалавриата свободно ориентироваться в методах, применяемых при изучении оптических и спектральных свойств конденсированных сред. Успешное освоение курса потребует от слушателей хорошего знания курса «Атомная спектроскопия», а также курсов Квантовой механики и Статистической физике на уровне, соответствующем преподаванию этих предметов для студентов ЛФИ МФТИ.

Задачи дисциплины:

- 1) Освоение основ спектроскопии конденсированных сред.
- 2) Переход от рассмотрения отдельных атомов к изучению процессов, происходящих при взаимодействии света с системами, большого количества атомов, формирующих регулярную структуру.
- 3) Ознакомление студентов с современными теоретическими методами, используемыми при количественном описании спектров конденсированных сред и взаимодействия конденсированных сред с электромагнитным полем.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Принципы формирования электронного и колебательного спектров твердых тел имеющих регулярную кристаллическую структуру;
- Основы микроскопической теории диэлектрической функции в твердых телах;
- Особенности взаимодействия электромагнитного излучения с металлами, полупроводниками и диэлектриками.

уметь:

- Строить зону Бриллюэна и получать правила отбора для оптических переходов в твердых телах с заданной симметрией.
- Применять соотношение Крамерса-Кронига при анализе спектроскопических данных, связанных с мнимой и действительной частями диэлектрической функции;
- Рассчитывать электронный спектр простых (модельных) твердых тел в рамках приближения сильной связи и слабосвязанных электронов;
- Определять ширину запрещенной зоны полупроводника с прямым и непрямым краем собственного поглощения на основе оптических спектров.

владеть:

- Базовым математическим аппаратом спектроскопии конденсированных сред;
- Теоретическими основами современных методов расчета электронного и колебательного спектров конденсированных сред;
- Базовыми знаниями в области экспериментальных методов спектроскопии конденсированных сред.

Темы и разделы курса:

1. Периодические структуры.

Трансляционная симметрия. Свойства обратной решетки. Теорема Блоха. Зона Бриллюэна. Граничные условия Борна-Кармана, подсчет состояний. Краткие сведения о теории групп. Правила отбора для переходов в идеальных периодических системах.

2. Основные типы твердых тел.

Статистика Ферми для электронов. Типы твердых тел. Картина связей, Металлы, диэлектрики, полупроводники. Типы полупроводников (элементарные полупроводники, окислы, слоистые полупроводники, органические полупроводники и т.д.), полупроводниковые наноструктуры. Приближение атомного остова, адиабатическое приближение, приближение среднего поля. Край собственного поглощения. Излучение кристалла вблизи края собственного поглощения при высоких температурах. Модель почти свободных электронов. Краткий обзор методов расчета зонной структуры.

3. Основы макроскопической электродинамики сплошных сред.

Уравнения Максвелла в среде. Диэлектрическая функция. Соотношения Крамерса-Кронига. Основы оптики металлов. Примеры использования соотношений Крамерса-Кронига.

4. Микроскопическая теория диэлектрической функции.

Поведение газа электронов под действием нестационарного возмущения. Обобщенная теорема о сумме сил осцилляторов. Плазменные колебания. Экранирование статического поля. Переход Мота. Динамическое экранирование.

5. Колебания решетки.

Колебательные свойства атомов и электрон-фононное взаимодействие. Гармоническое приближение. Дисперсия фононов в полупроводниках. Эффекты, связанные с ангармонизмом. Решеточное поглощение и отражение. Оптические свойства в области остаточных лучей. Многофононное решеточное поглощение.

6. Микроскопическое описание поглощения и отражения света полупроводниками.

Комбинируемая плотность состояний, сингулярности Ван Хова. Прямой, непрямой и «дипольно-запрещенный» края собственного поглощения. Электронно-дырочная плазма в полупроводниках и полупроводниковых наноструктурах. Полупроводниковый лазер.

7. Экситоны.

Экситоны Ванье и Френкеля. Экситонные эффекты вблизи критических точек. Спектры поглощения и излучения экситонов. Экситоны в системах с пониженной размерностью.

8. Поляритонные эффекты.

Квантовый и классический подходы к описанию среды сильно взаимодействующей со светом. Фононные поляритоны. Экситонные поляритоны. Особенности дисперсии поляритонов в различных системах. Применимость поляритонного базиса для описания неоднородных систем.

9. Оптические переходы с участием дефектов.

Электронные свойства дефектов. Приближение эффективной массы. Уровни донорных и акцепторных центров. Простейшие оптические переходы с участием примесей. Связанные экситоны. Эффект «гигантской» силы осциллятора.

10. Модуляционная спектроскопия.

Частотно-модулированное отражение и термоотражение. Пьезоотражение. Электроотражение (эффект Франца-Келдыша). Фотоотражение. Спектроскопия разностного отражения.

11. Спектроскопия рассеяния света.

Макроскопическая теория неупругого рассеяния света фононами. Рамановский тензор и правила отбора. Диаграммы Фейнмана. Резонансное рассеяние. Экспериментальное измерение рамановского и бриллюэновского рассеяния.

12. Квантоворазмерные эффекты для электронов и фононов в полупроводниковых наноструктурах.

Квантовые ямы и сверхрешетки. Квантование энергетических уровней электронов и дырок. Граничные условия Бастарда. Фононы в сверхрешетках. Явления, связанные с интерфейсом.

13. Коллективные эффекты в системе неравновесных носителей.

Излучение сильно возбужденных кристаллов. Многоэкситонные комплексы и неупругое рассеяние экситонов. Переход Мота в системе экситонов. Электронно-дырочная плазма и электронно-дырочная жидкость. Бозе конденсат экситонов и экситонный диэлектрик. Влияние размерности системы.

14. Особенности взаимодействия конденсированных сред с электромагнитным в микрорезонаторе.

Современные технологии создания гибридных структур на основе микрорезонаторов. Изолированный точечный излучатель в микрорезонаторе: режимы сильной и слабой связи. Эффект Парселла применительно к квантовым точкам и оптически активным дефектам. Однофотонные источники на основе твердотельных систем. Поляритоны в микрорезонаторах, «бозеры».

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Спектроскопия низкотемпературной плазмы

Цель дисциплины:

Освоение студентами фундаментальных знаний в области спектроскопии низкотемпературной плазмы, общих вопросов теории изучение, способов создания лабораторных установок и устройств, размещаемых на авиационных и космических носителях и изучения с их помощью физических процессов протекающих в лабораторной и природной плазме, а также областей их практического применения.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области оптических и спектральных исследований физических процессов, протекающих в неравновесной низкотемпературной плазме как дисциплины, интегрирующей общефизическую и общетеоретическую подготовку физиков и обеспечивающей технологические основы современных инновационных сфер деятельности;
- обучение студентов принципам создания плазменных и электрофизических устройств, выявление особенностей их функциональных характеристик;
- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области спектроскопии плазмы в рамках выполнения работ в лабораториях базовых предприятий;
- приобретение навыков применения полученных знаний в смежных и междисциплинарных научных областях.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные понятия, законы, теории классической и квантовой физики;
- порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;
- современные проблемы и методы физики и математики;
- общие подходы к решению прикладных и теоретических задач физики атомов и молекул и техники современного спектрального оборудования.

уметь:

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных, прикладных задач и технологических задач;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- видеть физическое содержание в технических задачах;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
- получать наилучшие значения параметров спектральных и иных электрофизических установок различного назначения и правильно оценивать степень их достоверности;
- эффективно использовать полученные знания, имеющиеся методы решения задач экспериментальной физики для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
- навыками теоретического анализа реальных задач, связанных с созданием современного спектрального и, прикладных и медицинских исследований.

Темы и разделы курса:

1. Плазма как объект спектроскопических исследований.

Понятие низкотемпературной плазмы, задачи диагностики. Равновесная плазма: распределения частиц по энергиям, плотности нейтральных и заряженных частиц, тепловое излучение. Модели равновесия и связанные с ними параметры: локальное термическое равновесие, частичное локальное термическое равновесие (ЧЛТР), корональная модель (МКР), столкновительно–радиационная модель. Оптический спектр и плазменные параметры.

2. Основные понятия и физические величины, связанные с описанием излучения, поглощения и рассеяния света плазмой.

Фотометрические величины. Контур спектральной линии. Связь интенсивности излучения с функцией корреляции. Форма линии излучения осциллятора со случайной фазой. Ударное и квазистатическое уширение. Вывод выражения для лоренцевского контура при ударном уширении. Сечения ударного уширения и сдвига.

Особенности ударного уширения для молекул. Выражение для ударных ширин и сдвигов. Теория Андерсена. Уширение линии нейтральными частицами. Уширение атомами постороннего газа. Уширение атомами собственного газа при резонансной передаче возбуждения.

Уширение линий электронами и ионами плазмы.

Доплеровское уширение спектральных линий. Влияние столкновений на доплеровское уширение, связь ударного уширения и эффекта Доплера (статистическая независимость, статистическая зависимость).

Поглощение в линиях. Излучение в линиях, проявления оптической плотности. Излучение и поглощение в сплошном спектре: тормозное ff излучение, тормозное ff поглощение, рекомбинационное fb излучение, сечение поглощения при bf фотоионизации. Излучение и поглощение при совместном действии тормозного и рекомбинационного механизмов.

Рассеяние света: томсоновское рассеяние на свободном электроны, рассеяние на связанном электроны.

3. Определения плотностей частиц в дискретных энергетических состояниях методами излучения, поглощения и рассеяния света.

Эмиссионные методы: идентификация спектров, абсолютные измерения, излучение протяженных неоднородных источников.

Методы поглощения с использованием классических излучателей: поглощение на фоне сплошного спектра, линейчатое поглощение, самопоглощение мультиплетных линий. Спектроскопия поглощения с частотно-перестраиваемыми и широкополосными лазерами. Преимущества лазерных источников света перед классическими в прямых измерениях поглощения. Ограничение чувствительности шумами. Диодная лазерная спектроскопия в ИК диапазоне. Использование классических многопроходных кювет. Поглощение внутри лазерного резонатора. Измерения поглощения по затуханию интенсивности света во времени.

Непрямые методы регистрации поглощения лазерного света. Индуцированная флуоресценция. Оптико-гальваническая (ОГ) спектроскопия.

Многофотонные процессы. Двухфотонное поглощение. Спонтанное комбинационное рассеяние. Вынужденное комбинационное рассеяние. Когерентное антистоксово рассеяние.

4. Интенсивности в спектрах и распределение энергии плазмы по внутренним и поступательным степеням свободы атомов и молекул.

Доплеровское уширение и распределение частиц по скоростям, температура нейтрального газа. Замечания по обработке контура линии. Аномальное доплеровское уширение и

неравновесные распределения нейтральных частиц по скоростям в плазме. Измерения температуры газа по доплеровскому уширению линий атомов и молекул, возбуждаемых электронами. Спектроскопические проявления движения ионов в плазме. Распределения молекул по вращательным уровням. Выделении больцмановских ансамблей в системе связанных состояний частиц. Распределения молекул по вращательным уровням в электронном состоянии с большим временем жизни. Возбуждение электронно-колебательно-вращательных (ЭКВ) уровней молекул электронным ударом. Возбуждение ЭКВ уровней тяжелыми частицами. Возбуждение ЭКВ уровней тяжелыми частицами. Измерение газовой температуры при наличии нескольких каналов возбуждения молекул.

Интенсивности в колебательной структуре спектров и распределения молекул по колебательным уровням. Элементы колебательной кинетики, энергия и температура колебаний. Измерения колебательных температур и распределений методами спектроскопии поглощения. Эмиссионные методы в ИК области. Комбинации методов излучения и поглощения, обращение спектра.

Распределения частиц по электронным уровням.

5. Измерение концентраций атомов и молекул.

Определение концентраций атомов методами поглощения: нейтральные невозбужденные атомы, метастабильные атомы, положительные ионы малой кратности. Определение концентраций молекул методами поглощения. Измерение концентраций двухатомных молекул по поглощению на линиях электронного спектра. Измерения по поглощению в колебательно-вращательных спектрах. Поглощение двухатомных молекул в метастабильных электронных состояниях. ИК поглощение многоатомными молекулами. Поглощение молекулярными ионами. Акцинометрические методы. Отрицательные ионы.

6. Спектральные методы определения электрических и магнитных полей в плазме.

Измерения электрических полей по спонтанному излучению плазме: водородоподобные атомы, неводородоподобные атомы. Лазерная штарковская спектроскопия. Штарковская спектроскопия атомов. ЛИФ полярных молекул в электрическом поле. Многофотонное возбуждение атомов. Когерентная штарковская спектроскопия четырехволнового рассеяния.

Исследования магнитных полей. Измерения, основанные на эффекте Фарадея. Спектральные методы.

7. Определение параметров электронной компоненты плазмы.

Интерферометрия. Штарковское уширение спектральных линий. Плазменные микрополя. Линейный эффект Штарка. Квадратичный эффект Штарка. Обрыв спектральных серий водородоподобных атомов. Интенсивности в непрерывном спектре. Рассеяние света на электронах. Рассеяние на электронах, движущихся случайно (томсоновское рассеяние). Области применения томсоновского и коллективного рассеяний. Спектр рассеяния и плазменные параметры (прямая задача). Определение плазменных параметров по спектрам рассеяния (обратная задача). Ограничения метода, чувствительность, примеры. Измерения по интенсивностям в линейчатых и полосатых спектрах.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Спектроскопия

Цель дисциплины:

Дать студентам базовые понятия, что такое оптическая спектроскопия. Основные термины, понятия и методы. Классификация и состав основных типов спектральных установок.

Задачи дисциплины:

Научить студентов азам спектральных измерений.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Свойства и особенности основных спектральных приборов и их составных элементов.

уметь:

Измерить спектр пропускания образца. Определить спектр поглощения материала. Обработать спектр, для выделения полос поглощения и параметров этих полос.

владеть:

Практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач. Навыками корректной обработки экспериментальных спектров.

Темы и разделы курса:

1. Основные термины спектроскопии. Основные типы спектральных приборов

Ознакомление с основными терминами спектроскопии, с их смыслом и значением. Особенности, преимущества и недостатки основных типов спектральных приборов.

2. Источники излучения. Диспергирующие системы.

Состав спектральных приборов. Типы и свойства источников излучения. Типы и свойства диспергирующих систем.

3. Приёмники излучения. Системы регистрации.

Состав спектральных приборов. Типы и свойства приёмников излучения. Методы регистрации полезного сигнала. Выделения полезного сигнала из шумов и наводок.

4. Измерение спектра пропускания. Получение спектра поглощения.

Измерение спектра пропускания объекта. «Единичный» и «нулевой» спектры. Получение из спектров пропускания спектра поглощения материала.

5. Волоконные световоды. Основные свойства и характеристики.

Устройство, особенности, свойства, основные параметры и уникальность с такого оптического объекта, как оптоволокно.

6. Особенности измерения спектров потерь в волоконных световодах.

Методы измерения потерь в оптоволокне. Перемешивание мод, выведение оболочечных мод. Не повторяемость скола.

7. Калибровка и поверка спектральных приборов.

Рассматриваются методы калибровки спектрометров по длинам волн, по спектральной чувствительности, по линейности... Определение аппаратной функции.

8. Ошибки возникающие при измерении спектров.

Подставка. Слишком маленький уровень сигнала. Слишком большой уровень сигнала.

9. Математическая обработка спектров.

Метод наименьшего среднеквадратичного отклонения. Выбор оптимальной модельной функции. Весовая функция.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Спинтроника

Цель дисциплины:

дать базовые понятия о спинтронике и показать ее приложения для квантовых нейроморфных вычислений.

Задачи дисциплины:

познакомить учащихся со спинтронными явлениями в твердых телах; дать представление о широком наборе методов управления магнитной динамикой; показать применение магнитных явлений для построения нейроморфных сетей; ознакомить с актуальными достижениями современной спинтроники.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные явления спиновой электроники и их приложения для нейроморфных вычислений; эффекты, приводящие к изменению намагниченности в веществе; способы измерения и обработки сигналов с помощью магнетонных логических элементов; методы управления магнитным порядком в магнитных материалах; особенности применения магнитных материалов для задач нейроморфных вычислений.

уметь:

описывать магнитную динамику в твердых телах; Рассчитывать магнитную динамику в твердых телах; оценить применимость различных методов для исследования спинтронных явлений; измерять и анализировать спектры магнитных материалов.

владеть:

основными понятиями спинтроники и магноники; методами расчета магнетонных кристаллов.

Темы и разделы курса:

1. Основы спинтроники.

спин электрона, матрицы Паули, спиновый ток, эффект переноса спина, спин зависимое рассеяние, гигантское и туннельное магнитосопротивление, двухканальная модель, теория Жульера.

2. Микромагнитный подход.

уравнение Ландау-Лифшица-Гильберта (ЛЛГ), эффективное поле, типы взаимодействий в ферромагнетике, микромагнитное моделирование, переход между микроскопическим и макроскопическим описанием динамики магнитного момента.

3. Перенос магнитного момента.

эффект переноса спина, спиновый вращающий момент, два типа вращающих моментов и их учёт в уравнениях ЛЛГ, теория Слонзуского, спиновая накачка, управляемая напряжением магнитная анизотропия (VCMA).

4. Спин-орбитальное взаимодействие.

гамильтониан Рашбы, эффект Рашбы-Эдельштейна, спиновый эффект Холла, обратный спиновый эффект Холла, спиновый эффект Зеебека, вращающие моменты спин-орбитальной природы, спин-орбитроника и спин-калоритроника.

5. Магнитные материалы.

ферромагнетики, антиферромагнетики, слабые ферромагнетики, магнитные кластеры, магнитный туннельный контакт, синтетические антиферромагнетики, магнитные гетероструктуры.

6. Устройства на МТЛ.

магнитная память с произвольным доступом (MRAM), модель Стонера-Вольфарта, метод Савченко, термостимулированная MRAM, MRAM с управлением током (STT-MRAM), спин-трансферный наноосциллятор (СТНО), спиновый диод, Микроэлектромеханические системы (Magnetic MEMS).

7. Доменные границы.

Доменные границы (ДГ) в спинтронике: типы доменных границ, динамика ДГ в одноосном ферромагнетике, стационарное движение и предел Уокера, решение Уокера, методы возбуждения ДГ, практическое применение ДГ (трековая память, магнитная логика, мемристор).

8. Магнитные вихри.

магнитные вихри и антивихри, скирмионы и антискирмионы, топологический заряд, уравнение Тилиа, вихревой СТНО, скирмионный и топологический эффекты Холла, скирмионы в антиферромагнетиках.

9. Квантовые материалы.

Квантовые материалы, топологические изоляторы, квантовый эффект Холла.

10. Экспериментальные методики изучения магнетизма.

Магнитометрия, детектирование магнитного порядка, магнитные возбуждения, наблюдение магнитных доменов, исследования с временным разрешением.

11. Проектирование и производство магнитных структур.

рост, травление, магнетронное распыление, литография. Магнитные устройства.

12. Нейроморфные вычисления и цифровая логика.

кубит, логические операции с битами и кубитами, проблема декогерентности, квантовая коррекция ошибок, генерация случайных чисел. Основы цифровой логики.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Статистика в физике частиц

Цель дисциплины:

Целями освоения данной учебной дисциплины являются овладение методами получения оценок параметров и проверки гипотез в процессе анализа экспериментальных данных.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся базовых знаний по статистическому анализу данных;
- формирование умений и навыков применять полученные знания для решения задач оценки параметров в байесовском и частотном подходах, а также выбора статистических гипотез.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

содержание предмета курса “Статистические методы в ядерной физике”, соответствующую терминологию и понятийный аппарат, а также основные методы статистического анализа и существующие проблемы.

уметь:

провести простейший статистический анализ данных, получить значение верхнего предела при оценке сигнала.

владеть:

методами выбора оптимальной стратегии анализа данных, продемонстрировать с помощью компьютерных средств технику проведения статистической обработки образца данных.

Темы и разделы курса:

1. Введение в статистический анализ.

Неделя 1. Основные понятия статистического анализа.

Научное знание, соотношение теории и эксперимента. Задачи статистического анализа в экспериментальной физике. Обратная задача. Основные сведения из теории вероятностей. Функция плотности вероятности случайных величин. Частотный и байесовский подход в статистическом анализе данных. Точечная оценка в частотном подходе. Критерии точечных оценок. Условная вероятность. Теорема Байеса. Априорная и апостериорная плотности вероятности. Интерпретации понятия вероятности. Моменты функции распределения, математическое ожидание, дисперсия, коэффициент корреляции.

Неделя 2. Основные функции распределения плотности вероятности случайных величин.

Моменты функции распределения: математическое ожидание, дисперсия. Закон больших чисел. Плотность распределения суммы случайных величин, закон свертки. Основные функции распределения плотности вероятности случайных величин. Дискретные распределения: распределение Пуассона, биномиальное распределение, мультиномиальное распределение. Непрерывные распределения: равномерное распределение, экспоненциальное распределение, Гауссовское (нормальное) распределение, центральная предельная теорема, многомерное нормальное распределение, χ^2 -распределение, гамма-распределение, t-распределение Стьюдента, распределение Брейта-Вигнера, ARGUS функция, Crystal Ball функция.

Неделя 3. Функция плотности вероятности случайных величин и кумулятивная функция распределения.

Функция плотности вероятности случайных величин и кумулятивная функция распределения. Анализ экспериментальных данных, представление экспериментальных данных в виде гистограмм. Одномерные и двумерные гистограммы. Параметры Гауссовского (нормального) распределения и их применение при анализе данных. Теория принятия статистических решений. Функция потерь. Критерии принятия решений. Минимаксное решение.

2. Методы оценки параметров из экспериментальных данных.

Неделя 4. Оценка параметров распределений из экспериментальных данных.

Оценка параметров распределений из экспериментальных данных. Методы получения точечных оценок параметров: метод моментов, метод максимального правдоподобия, метод наименьших квадратов.

Неделя 5. Доверительная вероятность и доверительный интервал.

Доверительная вероятность и доверительный интервал. Способы выбора интервала. Частотный подход Неймана. Доверительный интервал для нормального распределения. Интервал доверия в распределении Пуассона: частотный и Байесовский подходы. Доверительный интервал для значений параметра вблизи физической границы.

Неделя 6. Применение различных методов поиска минимума.

Поиск минимума методом наименьших квадратов при линейной зависимости от теоретических параметров. Подгонка (фитирование) экспериментальных данных.

Минимизация (максимизация) функции. Методы поиска минимума, программа Minuit. Пакет ROOT. Пакет RooFit. Начальное приближение. Ложные минимумы. Проблема устойчивости оценок параметров.

3. Проверка статистических гипотез.

Неделя 7. Проверка гипотез.

Проверка гипотез. Выбор между двумя гипотезами. Простая и составная (composite) гипотезы. Статистический критерий выбора гипотезы. Ошибки 1-го и 2-го рода. Уровень значимости и мощность критерия. Лемма Неймана-Пирсона. Отношение функций правдоподобия. Оценка совместимости гипотезы с данными. Р-значение. Критерий согласия Пирсона (χ^2). Критерий Колмогорова-Смирнова. Ограничение на сигнал при малой чувствительности.

4. Получение оценок параметров в многопараметрическом анализе.

Неделя 8. Многопараметрический анализ.

Организация данных в современных коллайдерных экспериментах. Первичный on-line отбор данных, триггер. Off-line отбор данных. Многопараметрический анализ. Отборы данных, используемые для повышения значимости сигнала. Отборы по простым и комбинированным параметрам. Метод максимального правдоподобия в многопараметрических задачах с независимыми переменными. Критерии отбора в случае коррелированных параметров. Линеаризация, дискриминант Фишера. Машинное обучение для повышения значимости сигнала. Применение нейронных сетей. Дерево принятия решений.

Неделя 9. Получение оценок для сигнала и фона при многопараметрической подгонке.

Фитирование многопараметрического сигнала в стандартном подходе. Метод sPlot. Общий подход, переменные. Область применения. Математическое описание метода.

Неделя 10. Поиск резонансов в широком диапазоне, систематические погрешности.

Теорема Вилкса. Поиск резонансов в широком диапазоне по массе (look-elsewhere effect, LEE). Систематические погрешности. Методы вычисления систематических погрешностей. Систематические погрешности в частотном подходе. Учёт систематических погрешностей в Байесовском подходе.

Неделя 11. Пакет ROOT.

Пакет ROOT. Общие принципы использования пакета ROOT (PAW). Моделирование методом Монте Карло: generation, simulation, reconstruction. Моделирование физических процессов (генераторы). Моделирование отклика детектора, программа GEANT4. Программы «быстрой» и «полной» симуляции детектора.

5. Заключительные замечания по статистическому анализу.

Неделя 12. Сравнение частотного и байесовского подходов в статистическом анализе данных.

Сравнение частотного и байесовского подходов в статистическом анализе данных.
Представление результатов: примеры представления известных современных экспериментальных измерений.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Статистическая физика

Цель дисциплины:

Дать студентам знания, необходимые для описания различных физических явлений в области приложений как классической, так и квантовой статистической физики, и методы построения соответствующих математических моделей. Показать соответствие системы постулатов, положенных в основу статистической физики, существующим экспериментальным данным, что позволяет считать теорию достоверной в области её применимости. Дать навыки, позволяющие понять адекватность теоретической модели соответствующему физическому явлению и определить пределы её применимости.

Задачи дисциплины:

- Изучение математического аппарата как классической, так и квантовой статистической физики;
- изучение методов решения задач как классической, так и квантовой статистической физики;
- изучение методов описания макроскопических систем частиц и их термодинамических свойств, в том числе систем, взаимодействующих с внешними полями;
- овладение студентами методов классической и квантовой статистической физики для описания свойств различных конкретных физических систем.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Постулаты и принципы как классической, так и квантовой статистической физики, методы описания макроскопических систем частиц различной природы, а также постулаты термодинамики;
- основные уравнения термодинамики и свойства термодинамических потенциалов;
- основные методы математического аппарата систем многих частиц, формализм чисел заполнения (метод вторичного квантования), аппарат статистического усреднения операторов;

- основные методы решения задач как классической, так и квантовой статистической физики, включая анализ термодинамических свойств и поведения макроскопических систем во внешних полях;
- методы и способы описания конденсированного состояния вещества;
- методы описания низкотемпературных свойств сильно взаимодействующих систем.

уметь:

- Пользоваться аппаратом якобианов в приложении к термодинамике;
- пользоваться аппаратом теории вероятностей;
- пользоваться аппаратом вероятностных функций распределения;
- решать термодинамические задачи с учетом внешних полей;
- решать задачи о поведении макроскопических систем в заданном внешнем поле;
- применять метод теории среднего поля для решения задач о фазовых переходах второго рода;
- решать задачи про флуктуации термодинамических величин макроскопических систем;
- решать задачи про флуктуации параметра порядка сильно взаимодействующих систем.

владеть:

- Основными методами математического аппарата как классической, так и квантовой статистической физики;
- навыками теоретического анализа реальных задач, связанных как со свойствами макроскопических систем различной природы, так и с их термодинамическими свойствами.

Темы и разделы курса:

1. Принципы термодинамики

Замкнутые системы. Термодинамические величины. Температура. Термодинамическое равновесие. Энтропия. Неравновесная энтропия и второй закон термодинамики. Термодинамические тождества и неравенства. Принцип минимальности термодинамических потенциалов. Термодинамические потенциалы в магнитном поле. Термодинамические флуктуации. Принцип Больцмана.

2. Микроканонический ансамбль

Макроскопические системы. Средние значения. Эргодическая гипотеза. Статистическая независимость и закон больших чисел. Термодинамический предел. Число состояний, плотность числа состояний. Статистическая энтропия Больцмана. Функция распределения и матрица плотности. Уравнение Лиувилля.

3. Канонический ансамбль

Распределение Гиббса (канонический ансамбль). Эквивалентность канонического и микроканонического распределений в термодинамическом пределе. Флуктуация энергии в ансамбле Гиббса. Статистическая сумма. Основная формула статистической физики.

4. Информационная энтропия

Информационная энтропия Гиббса. О законе возрастания энтропии как потере информации. Теорема Нернста. Представление чисел заполнения. Вторичное квантование бозе- и ферми-газа. Гамильтонианы идеальных газов в представлении чисел заполнения.

5. Классический (больцмановский) газ

Больцмановский газ, вычисление его термодинамических величин. Ионизация и диссоциация. Большой канонический ансамбль. Температура вырождения.

6. Ферми-газ

Идеальный ферми-газ. Химический потенциал, давление и теплоемкость электронов в металле. Парамагнетизм Паули. Диамагнетизм Ландау. Эффект де Гааза-ван Альфена.

7. Бозе-газ

Идеальный бозе-газ. Бозе-конденсация, теплоемкость, уравнение состояния бозе-газа. Концепция квазичастиц. Фотоны и фононы. Химический потенциал, давление и теплоемкость черного излучения и твердого тела

8. Ферромагнетизм

Микроскопическая теория ферромагнетизма в приближении самосогласованного поля. Гамильтониан Гейзенберга. Магноны. Закон Блоха.

9. Сверхтекучесть

Микроскопическая теория сверхтекучести неидеального бозе-газа. Преобразование Боголюбова. Элементарные возбуждения. Критерий сверхтекучести Ландау.

10. Сверхпроводимость

Микроскопическая теория сверхпроводимости неидеального ферми-газа. Гамильтониан БКШ. Неустойчивость Купера. Энергетическая щель. Термодинамика сверхпроводника, скачок теплоемкости.

Теория Гинзбурга-Ландау. Сверхпроводящий ток. Уравнения Лондонов. Эффект Мейсснера. Сверхпроводники I и II рода. Вихри Абрикосова. Верхнее и нижнее критические магнитные поля. Квантование магнитного потока. Эффект Джозефсона.

11. Фазовые переходы

Условия равновесия фаз. Химическое равновесие. Формула Саха. Фазовые переходы I и II рода. Изменение симметрии фазы. Параметр порядка.

12. Фазовые переходы II рода

Теория фазовых переходов II рода Ландау (теория среднего поля) в применении к

ферромагнетику.

13. Флуктуации параметра порядка

Флуктуации параметра порядка и корреляционная длина. Флуктуационная теплоемкость. Критерий применимости теории «среднего поля». Масштабная инвариантность. Критические индексы.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Статистические методы обработки данных

Цель дисциплины:

Целями освоения данной учебной дисциплины являются овладение методами получения оценок параметров и проверки гипотез в процессе анализа экспериментальных данных.

Задачи дисциплины:

Основная задача этого курса – практическое освоение методами статистического анализа данных и их применения к задачам физики высоких энергий. Курс предназначен для студентов - экспериментаторов по физике высоких энергий, а также других специальностей.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Содержание дисциплины, соответствующую терминологию и понятийный аппарат, а также основные методы статистического анализа и существующие проблемы.

уметь:

Провести простейший статистический анализ данных, получить значение верхнего предела при оценке сигнала.

владеть:

Методами выбора оптимальной стратегии анализа данных, продемонстрировать с помощью компьютерных средств технику проведения статистической обработки образца данных.

Темы и разделы курса:

1. Основные понятия теории вероятностей. Распределения вероятностей. Дискретные распределения.

Определение вероятности. Свойства распределений, характеристические функции.

Теорема Чебышева и её следствия. Сходимость. Закон больших чисел.

Дискретные распределения. Распределения, встречающиеся на практике.

2. Информация. Теория решений. Теория оценок.

Основные понятия. Информация Фишера. Достаточные статистики.

Основные понятия в теории решений. Выбор правил решений.

Конструирование состоятельных оценок. Информация и точность оценки. Байесовский подход.

3. Оценка параметров. Проверка гипотез

Оценка параметров.

Выбор метода оценки. Метод максимального правдоподобия. Метод наименьших квадратов. Уменьшение смещённости, устойчивость. Данные, распределённые по нормальному закону. Использование функции правдоподобия.

Проверка гипотез. Критерии согласия.

Формулировка критерия. Сравнение критериев. Критерии для простых гипотез. Критерии для сложных гипотез. Chi-2 критерий Пирсона. Критерии, не связанные с группировкой данных в гистограммы. Применение статистических методов.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Статистический анализ данных космического эксперимента

Цель дисциплины:

Формирование компетенций применения статистических методов в космических науках.

Задачи дисциплины:

Формирование (восстановление) базовых знаний в области математической статистики.

Обучение конкретным методам статистического анализа данных, характерным для космического эксперимента.

Ознакомление с общими принципами построения и валидации статистических методов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные понятия теории вероятности и математической статистики

уметь:

применять изученные методы статистики к реальным данным космического эксперимента

владеть:

набором методов математической статистики, наиболее соответствующих специфике космических данных

Темы и разделы курса:

1. История теории вероятности и математической статистики

Основные этапы и тенденции развития теории вероятности и математической статистики.

2. Базовые понятия теории вероятности

Элементарные исходы. Дискретные случайные величины. Функции распределения. Плотность распределения. Мат. Ожидание и дисперсия. Основные виды распределений: равномерное, биномиальное, Пуассона, экспоненциальное, нормальное.

3. Базовые понятия математической статистики

Выборка. Выборочные оценки среднего и дисперсии. Сходимости по вероятности. Предельные теоремы. Параметрические модели. Точечные и интервальные оценки. Состоятельность, смещение и эффективность оценки. Доверительные интервалы для одиночной случайной величины и оценок среднего и дисперсии. Неравенства Чебышева. Распределения производные от нормального: хи-квадрат, Стьюдента и Фишера.

4. Проверка гипотез

Параметрические гипотезы. Статистический критерий. Ошибки первого и второго рода. Уровень значимости, мощность и состоятельность критерия. Сравнение и различие средних. Сравнение функций распределения. Критерий Пирсона. Критерий Колмогорова. Методы проверки нормальности. Бутстрап и робастные методы.

5. Непараметрические методы

Определение. Медиана. Задача о сдвиге. Критерий знаков. Ранговые методы. Критерий Манна-Уитни. Критерий серий.

6. Анализ связей между случайными величинами

Корреляционный анализ. Коэффициенты корреляции и ковариации. Матрица ковариации. Оценки достоверности. Ранговые корреляции. Регрессионный анализ. Функция регрессии. Линейный регрессионный анализ. Метод наименьших квадратов. Частный случай одномерных данных. Оценки достоверности. Доверительные интервалы. Проверки значимости коэффициентов регрессии. Понятие о дисперсионном анализе. Распределение Фишера. Понятие о факторном анализе. Критерии выбора числа факторов. Понятие о таблицах сопряженности (непараметрических методов).

7. Метод максимального правдоподобия и байесовский подход

Функция правдоподобия. Метод максимального правдоподобия. Связь с МНК для для нормальных данных. ММП для Пуассоновских данных. Матрица Фишера. Анализ и оценка ошибок функции правдоподобия. Сравнение моделей по Хи-квадрат. Понятие о методе Markov Chain – Monte Carlo (MCMC). Учет априорной информации. Формула Байеса. Разница классического и Байесовского подхода: Преимущества и недостатки. Приоры. Использование для регуляризации. Дополнительные (гипер) параметры. Маргинализация.

8. Временные ряды и спектральный анализ

Понятие о временном ряде. Стационарность, эргодичность, нормальность. Ковариационная функция. Авто и взаимная корреляция. Ошибки оценок ковариации. Фурье спектральный анализ. Основная теорема дискретизации. Периодограмма. Спектр мощности. Теорема Парсеваля. Формулы Фурье преобразования. Быстрое ФП. Карта частот Фурье преобразования: частота выборки, минимальная частота и шаг по частоте, частота Найквиста. Наложение частот. Эффекты ряда конечной длины: утечка и окна. Взаимосвязь операций умножения и свертки в обычном и Фурье-пространстве. Ошибки, доверительные интервалы, смещение и состоятельность спектральных оценок. Спектральный анализ двухкомпонентного ряда.

9. АРСС методы

Понятие об авторегрессии и скользящем среднем. Дискретный АРСС. Z-преобразование. Частотная характеристика модели. Линейность и устойчивость. Взаимозаменяемость АР и СС. Факторизация. Идентификация коэффициентов модели. Ошибки идентификации. Понятие о применении для спектрального оценивания.

10. Цифровые фильтры

Амплитудная и фазовая частотные характеристики. Понятие о типах фильтров. Частотные характеристики простейших разностных схем усреднения и дифференцирования.

11. Регрессия и классификация сложных данных

Нелинейная регрессия. Искусственные нейронные сети. Линейная разделимость. Увеличение размерности. Переобучение и ошибки. Метод опорных векторов. Случайные леса.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Структура и функции биологических мембран

Цель дисциплины:

- ознакомление студентов с современными экспериментальными и теоретическими достижениями в физике липидных мембран, биоэлектрохимии и молекулярной биологии биологических мембран;
- подготовка студентов к решению сложных задач в области физики живых систем, клеточной биологии, создания и исследования свойств новых биосовместимых материалов и лекарственных препаратов.

Задачи дисциплины:

- научить студентов практическому применению методов и подходов биоэлектрохимии мембран;
- научить студентов основам физики жидких кристаллов в применении к описанию липидного матрикса клеточных мембран;
- сформировать у обучающихся понимание механизмов мембранного транспорта;
- сформировать у студентов понимание процессов белок-липидных взаимодействий в живых системах;
- научить студентов модельным расчетам топологических перестроек клеточных мембран;
- ознакомить обучающихся с современными методами исследования мембранных процессов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- историю возникновения и развития биоэлектрохимии;
- особенности строения липидных и клеточных мембран;
- основные положения механики мембран и особенности мембранных процессов, связанных с изменением топологии;
- особенности электростатики мембран и мембранного транспорта;
- основные экспериментальные физические методы исследования мембран.

уметь:

- формулировать цели исследований и ставить научные задачи по механике липидных мембран;
- рассчитывать скорость нервного импульса в зависимости от концентраций ионов в системе;
- вычислять распределение деформаций и электрических полей в сложных мембранных структурах;
- давать оценку скорости мембранных процессов на основе величин энергий промежуточных мембранных структур.

владеть:

- навыками в области вычисления всех компонентов мембранного потенциала;
- навыками в области вычисления линейного натяжения границы двух мембранных фаз;
- методами механики и теории упругости мембран.

Темы и разделы курса:**1. Структурная организация биомембран. Физико-химические и механические свойства мембран**

От электрических рыб, известных со времён античности, до опытов Гальвани и Вольта, которые положили начало научному подходу к изучению мембранных явлений. Драматический диспут Гальвани и Вольта привёл к двум великим открытиям: было доказано существование «животного» электричества и обнаружена контактная разность потенциалов. Несмотря на ошибочную трактовку «металлического» электричества Вольта создал источник тока, который исходно получил название «вольтов столб», а затем – гальванический элемент. Через многие годы Фарадей установил механизм действия гальванического элемента, свободный от конфликта с законом сохранения энергии.

Так начиналась биофизика мембран, которая на сегодня рассматривается как раздел молекулярной биологии клетки. Говоря о мембранах, имеют ввиду не только плазматические мембраны, но и различные мембранные образования, находящиеся внутри клетки. На сегодня установлено, что мембраны осуществляют множество важнейших функций. К их числу относятся: барьерная, информационная (генерация и передача нервного импульса), преобразование энергии, регуляция, активный транспорт. Все эти функции осуществляются белками и белок-липидными комплексами. Следуя Шредингеру, принято рассматривать их как молекулярные машины, а клетку – как завод, который состоит из многих цехов. Все эти вопросы будут рассмотрены в последующих лекциях.

Химический состав мембран. Амфифильная природа фосфолипидов, обеспечивающая их бислойную организацию в водном окружении. Латеральная организация. Жидко-мозаичная модель Зингера и Никольсона. Её современные модификации, которые привели к представлениям о сложной иерархии липид-белковых структур. Понятие о липидных и липид-белковых рафтах, в которых липидная компонента находится в жидкоупорядоченном состоянии. Экспериментальное обнаружение рафтов – микронных и нанометровых – в модельных липидных системах. Теория образования и роста липидных рафтов в условиях пересыщения, включающая стадии нуклеации, независимого роста, коалесценции, слияние рафтов и их дробление. Липид-белковые рафты возникают в условиях недонасыщения по механизму смачивания, когда белки являются центрами локального фазового перехода. Роль рафтов проявляется в трафике, сигнализации, слиянии и делении мембранных структур.

В последние годы получили развитие неинвазивные методы изучения внутриклеточных процессов. Они позволяют продвинуться в феноменологии жизни клетки, но ничего не дают в смысле познания устройства и механизма действия молекулярных машин. Здесь на помощь приходят модели, максимально приближенные к биосистемам. В этом плане особую роль играют плоские липидные бислои и липосомы, в которых удаётся реконструировать различные белки и пептиды. Ниже перечислены те конкретные вопросы, которые должны быть решены для успешного моделирования конкретных биосистем.

Плоские бислои и липосомы как модели для изучения свойств липидной компоненты клеточных мембран. Натяжение и поверхностное давление. Диэлектрические свойства. Коэффициенты латеральной диффузии. Проводимость модельных и клеточных мембран. Мембрана как жидкий кристалл. Основные деформационные моды: изгиб, растяжение-сжатие и тилт. Типичные значения всех модулей.

Молекулярные машины клетки принято делить на две категории: предсуществующие, такие как ионные каналы и насосы, а также транзиторные, которые собираются по мере необходимости. Наиболее яркие примеры, это машины, отвечающие за слияние (экзоцитоз) и деление (эндоцитоз) мембран.

От электрических рыб, известных со времён античности, до опытов Гальвани и Вольты, которые положили начало научному подходу к изучению мембранных явлений. Драматический диспут Гальвани и Вольты привёл к двум великим открытиям: было доказано существование «животного» электричества и обнаружена контактная разность потенциалов. Несмотря на ошибочную трактовку «металлического» электричества Вольты создал источник тока, который исходно получил название «вольтов столб», а затем – гальванический элемент. Через многие годы Фарадей установил механизм действия гальванического элемента, свободный от конфликта с законом сохранения энергии.

Так начиналась биофизика мембран, которая на сегодня рассматривается как раздел молекулярной биологии клетки. Говоря о мембранах, имеют ввиду не только плазматические мембраны, но и различные мембранные образования, находящиеся внутри клетки. На сегодня установлено, что мембраны осуществляют множество важнейших функций. К их числу относятся: барьерная, информационная (генерация и передача нервного импульса), преобразование энергии, регуляция, активный транспорт. Все эти

функции осуществляются белками и белок-липидными комплексами. Следуя Шредингеру, принято рассматривать их как молекулярные машины, а клетку – как завод, который состоит из многих цехов. Все эти вопросы будут рассмотрены в последующих лекциях.

Химический состав мембран. Амфифильная природа фосфолипидов, обеспечивающая их бислойную организацию в водном окружении. Латеральная организация. Жидко-мозаичная модель Зингера и Никольсона. Её современные модификации, которые привели к представлениям о сложной иерархии липид-белковых структур. Понятие о липидных и липид-белковых рафтах, в которых липидная компонента находится в жидко-упорядоченном состоянии. Экспериментальное обнаружение рафтов – микронных и нанометровых – в модельных липидных системах. Теория образования и роста липидных рафтов в условиях пересыщения, включающая стадии нуклеации, независимого роста, коалесценции, слияние рафтов и их дробление. Липид-белковые рафты возникают в условиях недонасыщения по механизму смачивания, когда белки являются центрами локального фазового перехода. Роль рафтов проявляется в трафике, сигнализации, слиянии и делении мембранных структур.

В последние годы получили развитие неинвазивные методы изучения внутриклеточных процессов. Они позволяют продвинуться в феноменологии жизни клетки, но ничего не дают в смысле познания устройства и механизма действия молекулярных машин. Здесь на помощь приходят модели, максимально приближенные к биосистемам. В этом плане особую роль играют плоские липидные бислои и липосомы, в которых удаётся реконструировать различные белки и пептиды. Ниже перечислены те конкретные вопросы, которые должны быть решены для успешного моделирования конкретных биосистем.

Плоские бислои и липосомы как модели для изучения свойств липидной компоненты клеточных мембран. Натяжение и поверхностное давление. Диэлектрические свойства. Коэффициенты латеральной диффузии. Проводимость модельных и клеточных мембран. Мембрана как жидкий кристалл. Основные деформационные моды: изгиб, растяжение-сжатие и тилт. Типичные значения всех модулей.

Молекулярные машины клетки принято делить на две категории: предсуществующие, такие как ионные каналы и насосы, а также транзиторные, которые собираются по мере необходимости. Наиболее яркие примеры, это машины, отвечающие за слияние (экзоцитоз) и деление (эндоцитоз) мембран.

2. Мембранные потенциалы. Мембраны во внешних электрических полях. Мембранный транспорт.

Электрохимический потенциал. Потенциал Гальвани, потенциал Вольта. Работа выхода. Мембранный потенциал в случае равновесных систем – потенциал Нернста. Потенциал распределения. Потенциал Гиббса-Доннана. Мембранный потенциал (диффузионный) в случае неравновесных систем. Потенциал Планка, потенциал Гольдмана.

Двойной электрический слой: распределение потенциала и концентрации ионов у заряженной границы мембраны. Понятие о микропотенциале, метод его расчёта. Компоненты мембранного потенциала: трансмембранный, поверхностный и граничный потенциалы, внутримембранный скачок потенциала.

Методы измерения всех компонент мембранного потенциала: электрофорез (уравнение Смолуховского), измерение проводимости мембраны по гидрофобным ионам при различной ионной силе индифферентного электролита, компенсация внутримембранного поля, пэтч-кламп. Метод флуоресцентных зондов.

Клетка или липосома, несущие на поверхности электрический заряд, движутся в постоянном электрическом поле с постоянной скоростью, которая определяется уравнением Смолуховского. В переменном электрическом поле возникает т.н. диэлектрофорез. Каждая клетка обретает определённый электрический момент, в результате чего они выстраиваются по силовым линиям поля, притягиваются друг к другу и втягиваются в область максимального поля. При увеличении напряжённости клетки деформируются, а затем, в области полюсов происходит явление электропорации. Оно было досконально изучено на плоских бислойных липидных мембранах (БЛМ). Время жизни БЛМ зависит от амплитуды приложенной разности потенциалов и липидного состава. В данной лекции подробно изложены результаты экспериментов и соответствующая теория, которая охватывает как необратимый пробой, так и обратимый, который реализуется только в случае БЛМ определённого состава. Электропорация имеет ряд биомедицинских и биотехнологических приложений, включая электротрансфекцию, трансдермальную электротерапию и диагностику.

Во вводной лекции 1 говорилось о том, что барьерная функция мембран крайне важна, т.к. она поддерживает индивидуальность клетки и её состав. Барьерные свойства биомембран обеспечены низкой диэлектрической постоянной ($\epsilon \sim 2-3$) области гидрофобных хвостов липидных молекул. Оценки высоты барьера по формуле Борна дают величины > 100 кТ для малых гидрофильных ионов, таких как H^+ , Na^+ , K^+ , Cl^- . Ситуация с гидрофобными ионами выглядит по иному, они имеют значительный коэффициент распределения вода-гидрофобика в пользу последней. Их перенос через мембрану сводится к диффузии и миграции. Возвращаясь к малым гидрофильным ионам мы приходим к необходимости привлечения подвижных переносчиков типа валиномицина или каналов, таких как грамицидин. В последнем случае особенность транспорта состоит в том, что он является однорядным. Теория и экспериментальные исследования этих вариантов индуцированного ионного транспорта детально описаны в данной лекции.

3. Ионные каналы электровозбудимых клеток (Na^+ -канал, K^+ -канал). Элементы теории возбудимых сред. Активный транспорт и моторы.

Особый интерес представляют Na^+ - и K^+ -каналы, т.к. именно они отвечают за генерацию и распространение нервных импульсов. Основа современных представлений о функционировании Na^+ и K^+ -каналов была заложена в классических работах Ходжкина и Хаксли. В результате этих исследований удалось осуществить функциональную реконструкцию этих каналов, основываясь на измерениях кинетики ионных токов в

условиях фиксации мембранного потенциала разной величины. Применяя блокаторы Na^+ - и K^+ -каналов удалось отдельно измерить Na^+ - и K^+ -токи. Основываясь на этих результатах были получены вольт-амперные характеристики каждого из токов. Модель канала выглядела как совокупность следующих функциональных блоков: ионофорный участок, активационные и инактивационные ворота, а также сенсоры мембранного потенциала, управляющие воротами. Количественно действие каналов описывалось с помощью уравнений Ходжкина-Хаксли. Важно подчеркнуть, что все измерения проводились на макроскопическом участке аксона, причём механизм переноса ионов оставался неизвестным – то ли подвижные переносчики, то ли эстафета. Новая эра в электрофизиологии началась после создания метода пэтч-кламп (Неер и Сакман), который в сочетании со структурными исследованиями и привлечением мутантов позволил перейти на уровень изучения одиночных каналов. Все эти вопросы, включая новейшие достижения, изложены в данной лекции.

Простейший пример возбудимой среды – это одиночное нервное волокно. Известно, что его локальная деполяризация приводит к генерации нервного импульса, который распространяется с постоянной скоростью. На языке И.Пригожина нервный импульс представляет собой пространственно-временную диссипативную структуру. Важно подчеркнуть аналогию между распространением нервного импульса и фронта пламени, скажем, вдоль бикфордова шнура. В принципе можно найти скорость нервного импульса основываясь на уравнениях Ходжкина-Хаксли, хотя путь этот очень сложен. В данной лекции мы обсуждаем другой подход, основанный на анализе размерностей и введении мембранного генератора тока (Маркин и Чизмаджев, Биофизика, 1968 г.).

Важный пример возбудимой среды – это нервно-мышечная ткань сердца, которая моделировалась с помощью диффузионно-химической системы, предложенной Жаботинским и Крикинским. Эта модель позволила приблизиться к описанию явления фибрилляции, имеющего большое медико-биологическое значение. Краткое обсуждение этих проблем содержится в данной лекции.

В лекции рассмотрены два типа насосов – натриевый и протонный, т.е. Na^+/K^+ -АТФаза и H^+ -АТФаза, а также вращающий мотор флагеллярных бактерий. Структура этих систем уже известна, но механизм их действия остаётся на стадии изучения. Обсуждая этот вопрос мы базируемся на работах Лойгера, Апеля, Соколова с сотрудниками и др. (см. список литературы). Согласно Лойгеру, натриевый насос в исходном состоянии имеет два канала доступа, которые разделены высоким барьером. Введение АТФ радикально изменяет профиль энергии, так что ион натрия попадает в состояние окклюзии, в котором он энергезирован, но отделён высокими барьерами слева и справа. Это состояние метастабильно и следующая стадия состоит в исчезновении правого барьера, так что ион натрия скатывается в правый канал доступа, а затем переходит в правый раствор. В каком-то смысле насос работает как лифт, который за счёт энергии АТФ поднимает ион натрия вверх по энергии, а затем открывает правые ворота. Далее в лекции рассмотрен механизм действия H^+ -АТФазы, где ключевым является вращение γ -субъединицы, которое напоминает ротор в случае флагеллярных бактерий. Далее приведена простая оценка числа протонов, которые переносятся через соответствующий канал для получения нужной скорости вращения.

4. Слияние мембран. Деление мембран. Современные методы исследования мембранных процессов.

Слияние различных мембранных образований – важнейшее явление в жизни клетки. Механизм слияния был установлен на модели двух плоских липидных бислоев, которые сближались с помощью гидростатического давления. Эксперименты Меликяна, Черномордика и др. показали, что первой стадией процесса является монослойное слияние. Оно происходит путём образования перемычки, получившей название сталка. Теория сталков и последующих стадий их эволюции была разработана Козловым и Маркиным. Было показано, что исход процесса определяется молекулярной геометрией липидных молекул, входящих в состав бислоев. Далее было установлено, что механизм сталков универсален. Это было доказано на примере вирусного слияния, т.к. в этой системе единственным фьюзогеном являются молекулы гемагглютинина, структура которых при pH7 и pH5 была известна с атомным разрешением. Сравнительно недавно в лаборатории Ротмана (США) было доказано, что при экзоцитозе синаптических пузырьков, где роль фьюзогенов играют белки SNARE, работает механизм сталков. В данной лекции подробно обсуждены теория и различные экспериментальные подходы к изучению механизма слияния.

Завершающая стадия эндоцитоза состоит в разрыве тонкого перешейка (нанотрубочки), соединяющей везикулу с плазматической мембраной. Разрыв осуществляется белком динамином в присутствии ГТФ. Новейшие данные об этом процессе получены на модельной нанотрубке, которая вытягивается пэтч-пипеткой из плоского бислоя. Электрическая цепь устроена так, что имеется возможность измерять ток, текущий через нанотрубку определённой длины при заданной на концах трубки разности потенциалов. Таким способом удаётся измерить радиус нанотрубки и определить модуль изгиба, если известно натяжение. Белок динамин, который вводится в раствор, адсорбируется на поверхности нанотрубки в виде колец и сжимает её до определённого радиуса, но не приводит к делению. Если же теперь ввести в раствор ГТФ, то кольца разрушаются, нанотрубка локально провисает и образует интермедиат деления, что в конечном счёте приводит к разрыву нанотрубки. В лекции будут изложены полученные результаты, а также вытекающие из них гипотезы о возможном механизме процесса деления.

Метод флуоресцентной микроскопии. Конфокальная микроскопия. Корреляционная спектроскопия. Рефрактометрия поверхностного плазмонного резонанса. Атомная силовая микроскопия. Методы исследования механических параметров липидного бислоя: метод липидной нанотрубки, метод втягивания липосом в микропипетку.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Суперсимметрия и супергравитация

Цель дисциплины:

ознакомление с основными идеями и методами суперсимметрии и супергравитации, используемыми в теоретической физике

Задачи дисциплины:

познакомить студентов с основными понятиями и идеями теорий суперсимметрии и супергравитации, с постановкой задач и подходами к их решениям. Предполагается, что, прослушав этот курс, студенты смогут использовать методы и подходы этой области в своей научно-исследовательской работе.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия по теме дисциплины.

уметь:

- пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования, решать задачи по теме дисциплины.

владеть:

- математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

Темы и разделы курса:

1. Алгебры суперсимметрии.

Градуированные алгебры Ли. Теорема Хаага–Лопушански– Сониуса. Представления алгебр суперсимметрии.

2. Суперсимметричные теории поля.

Модель Весса–Зумино. Суперпространство. Киральные суперполя.

3. Суперсимметричные калибровочные теории.

Супердиаграммы Фейнмана. Теоремы об отсутствии перенормировок. Нарушение суперсимметрии.

4. Супергравитация.

Тетрадный формализм. Гравитино. 11-мерная супергравитация.

5. Теории с расширенной суперсимметрией.

Монополи БПС. N=4 суперсимметричная теория Янга–Миллса. Дуальность Зайберга. Решение Зайберга–Виттена.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Теоретико-групповой подход в интегрируемых системах

Цель дисциплины:

познакомить студентов с основными направлениями теории интегрируемых систем и смежных задач. Освоение студентами фундаментальных знаний в области нелинейных систем со скрытыми групповыми симметриями, в частности, классических и квантовых интегрируемых систем и соответствующими разделами теории групп. Изучение различных математических структур, возникающих в подобных моделях.

Задачи дисциплины:

Научить слушателей курса основам методов теории интегрируемых систем. Освоить следующие понятия: гамильтоновы векторные поля. Уравнения Лагранжева. Гамильтонова редукция. Многочастичные интегрируемые системы. Квадратичная r -матричная структура. Одномерный магнетик. Группы Пуассона-Ли и пуассонова структура на группе Ли. Квадратичные скобки на группе: релятивистская цепочка Тоды. Квантование скобок на группе Ли, РТТ соотношения. Квантование универсальной обертывающей алгебры Ли. Система Шлезингера, уравнения Книжника-Замолодчикова. Операторы Данкля.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия математических структур, связанных с нелинейными системами;
- основные понятия и утверждения классических интегрируемых систем и связанных с ними физических моделей;
- основные понятия и утверждения методов квантования интегрируемых моделей.

уметь:

- проводить вычисления с классическими интегрируемыми системами;
- проводить вычисления с квантовыми интегрируемыми системами.

владеть:

- методами вычислений с классическими интегрируемыми системами;

-- методами вычислений с квантовыми интегрируемыми системами.

Темы и разделы курса:

1. Гамильтоновы векторные поля

Гамильтоновы уравнения движения. Гамильтоновы векторные поля, их свойства. Тождество Якоби. Симплектическая структура.

2. Уравнения Лакса

Уравнения Лакса, пара Лакса. Классическая r -матричная структура. Связь M -матриц для разных потоков с классической r -матрицей.

3. Гамильтонова редукция

Отображение моментов. Законы сохранения. Системы со связями. Редукция к нелинейным уравнениям из свободного движения.

4. Многочастичные интегрируемые системы

Системы Калоджеро-Мозера-Сазерленда. Их релятивистские обобщения – системы Руйсенарса-Шнайдера. Модели Тоды.

5. Квадратичная r -матричная структура. Одномерный магнетик

Квадратичная r -матричная структура. Модели Годена. Интегрируемые цепочки. Магнетик Гейзенберга.

6. Интегралы движения в $1+1$ спиновой цепочке

Уравнение Захарова-Шабата. Иерархия интегрируемых уравнений в частных производных. Вычисление законов сохранения в $1+1$ теории поля.

7. Группы Пуассона-Ли

Квадратичная r -матричная структура на группе Ли. Релятивистская цепочка Тоды. Свойство Пуассона-Ли.

8. Векторные поля и пуассонова структура на группе Ли

Вычисление векторных полей на группе. Вычисление r -матричной структуры на группе. Вычисление скобок Пуассона. Уравнение Янга-Бакстера.

9. Квантование скобок на группе Ли, РТТ соотношения

Квантовая R -матрица, квантовый L -оператор, матрица монодромии. Квантовое уравнение Янга-Бакстера.

10. Квантование универсальной обертывающей алгебры Ли

Алгебра Хопфа. Универсальная обертывающая алгебры Ли. Квантовая деформация универсальной обертывающей алгебры Ли.

11. Система Шлезингера, уравнения Книжника-Замолодчикова

Неавтономная версия интегрируемых систем. Уравнения Шлезингера. Квантование уравнений Шлезингера. Уравнения Книжника-Замолодчикова.

12. Операторы Данкля

Операторы Данкля. Операторы Чередника. Квантование системы частиц Калоджеро-Мозера. Квантование системы частиц Руйсенарса-Шнайдера.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Теоретико-групповой подход в интегрируемых системах

Цель дисциплины:

Знакомство с основными методами в теории интегрируемых систем механики и интегрируемых уравнений с частными производными. Освоение теоретического материала необходимого для чтения современной научной литературы и дальнейшей научной работы. Выработка вычислительных навыков специфичных для теории интегрируемых систем. Приложение ранее освоенных в математических и физических курсах знаний.

Задачи дисциплины:

Освоить теоретический материал, такой как: теорема Лиувилля, симплектическая формулировка механики, Гамильтонова редукция, пары Лакса, классическая r -матрица, спектральная кривая. Выработать навык вычислений и решений задач на примерах таких систем как цепочка Тоды или система Калоджеро и иерархия КП.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия математических структур, связанных с нелинейными системами;
- основные понятия и утверждения классических интегрируемых систем и связанных с ними физических моделей;
- основные понятия и утверждения методов квантования интегрируемых моделей.

уметь:

- проводить вычисления с классическими интегрируемыми системами;
- проводить вычисления с квантовыми интегрируемыми системами.

владеть:

- методами вычислений с классическими интегрируемыми системами;
- методами вычислений с квантовыми интегрируемыми системами.

Темы и разделы курса:

1. Гамильтоновы векторные поля

Гамильтоновы уравнения движения. Гамильтоновы векторные поля, их свойства. Тождество Якоби. Симплектическая структура.

2. Уравнения Лакса

Уравнения Лакса, пара Лакса. Классическая r -матричная структура. Связь M -матриц для разных потоков с классической r -матрицей.

3. Гамильтонова редукция

Отображение моментов. Законы сохранения. Системы со связями. Редукция к нелинейным уравнениям из свободного движения.

4. Многочастичные интегрируемые системы

Системы Калоджеро-Мозера-Сазерленда. Их релятивистские обобщения – системы Руйсенарса-Шнайдера. Модели Тоды.

5. Квадратичная r -матричная структура. Одномерный магнетик

Квадратичная r -матричная структура. Модели Годена. Интегрируемые цепочки. Магнетик Гейзенберга.

6. Интегралы движения в $1+1$ спиновой цепочке

Уравнение Захарова-Шабата. Иерархия интегрируемых уравнений в частных производных. Вычисление законов сохранения в $1+1$ теории поля.

7. Группы Пуассона-Ли

Квадратичная r -матричная структура на группе Ли. Релятивистская цепочка Тоды. Свойство Пуассона-Ли.

8. Векторные поля и пуассонова структура на группе Ли

Вычисление векторных полей на группе. Вычисление r -матричной структуры на группе. Вычисление скобок Пуассона. Уравнение Янга-Бакстера.

9. Спектральные кривые

Построение спектральной кривой из уравнения Лакса. Комплексная геометрия римановых поверхностей. Динамический дивизор.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Теоретические и экспериментальные основы ядерной физики

Цель дисциплины:

Специфика экспериментов в области физики высоких энергий, особенности измеряемых величин, объём и структура получаемой в экспериментах информации предъявляют определённые требования к методам обработки экспериментальных данных. В данном курсе рассматривается применение методов теории вероятности и математической статистики к наиболее типичным экспериментальным задачам, таким как поиск новых частиц в спектрах инвариантных масс и проверка статистической значимости слабых сигналов, кинематический анализ двух- и трёхчастичных распадов, фитирование полученных в эксперименте зависимостей произвольными функциями и оценка параметров этих функций методом наименьших квадратов и методом максимального правдоподобия. В ходе изучения обсуждаемых методов предлагается знакомство с пакетом ROOT, являющимся стандартным пакетом обработки данных в экспериментальной физике высоких энергий.

Задачи дисциплины:

формирование базовых знаний в области анализа экспериментальных данных в физике высоких энергий;

обучение студентов современным методам обработки данных в экспериментальной физике высоких энергий и навыкам работы с программным пакетом ROOT.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- особенности экспериментов в области физики высоких энергий и структуру получаемых в них данных;
- методы теории вероятности и математической статистики, применяемые к наиболее типичным экспериментальным задачам;
- методы поиска новых частиц в спектрах инвариантных масс;
- способы проверки статистической значимости слабых сигналов;
- методы кинематического анализа двух- и трёхчастичных распадов;

- методы фитирования полученных в эксперименте зависимостей произвольными функциями и способы оценки параметров этих функций;
- методы наименьших квадратов и максимального правдоподобия.

уметь:

- эффективно применять вышеуказанные знания на практике для решения фундаментальных и прикладных научных задач в области современной экспериментальной физики элементарных частиц.

владеть:

- техникой обработки данных с применением программного пакета ROOT.

Темы и разделы курса:

1. Экспериментальные данные в физике частиц

Специфика экспериментальных данных в физике элементарных частиц. Типичные задачи по обработке данных, стоящие перед экспериментатором. Результаты измерения как случайные величины.

2. Ошибки измерений

Статистические и систематические ошибки измерений. Графические методы представления экспериментальных данных.

3. Свойства случайных величин

Случайная величина. Среднее значение и дисперсия. Функции распределения случайной величины. Свойства основных функций распределения. Закон больших чисел. Центральная предельная теорема. Независимые случайные величины. Корреляционная зависимость случайных величин.

4. Кинематика СТО

Кинематика СТО Алгебра 4-векторов. Двухчастичное рассеяние. Мандельштамовские переменные u, s, t

5. Основные типы экспериментов в физике частиц

Сечение реакции. Дифференциальное сечение. Особенности экспериментов на встречных пучках и экспериментов на фиксированной мишени.

6. Двухчастичный распад . Трёхчастичный распад

Кинематика двухчастичного распада. Диаграмма Арментаероса-Подольянского.

Кинематика трёхчастичного распада. Диаграмма Далица.

7. Проверка статистических гипотез

Проверка статистических гипотез. Критерии χ^2 , Колмогорова. Доверительный интервал.

8. Статистическая значимость пиков

Анализ соотношения "сигнал-фон" Проблема поиска новых частиц в спектре инвариантных масс конечных состояний.

9. Оценка параметров распределений

Оценка параметров распределений и зависимостей. Метод максимального правдоподобия.

10. Метод наименьших квадратов

Метод наименьших квадратов. Программы-минимизаторы. Оценка ошибок измерений по величине χ^2

11. Разрешение экспериментальной установки и методы его оценки

Разрешение экспериментальной установки. Методы оценки экспериментального разрешения по известным процессам. Примеры оценки экспериментального разрешения.

12. Критерии отбора событий

Общие принципы нахождения критериев отбора сигнальных событий и подавления фона. Понятие о методе Монте-Карло моделирования.

13. Введение в пакет ROOT

ROOT - объектно-ориентированная среда для обработки данных Интерпретатор ROOT Гистограммы (TH1, TH2)

14. Фитирование гистограмм и графиков в ROOT

Графики (TGraph, TGraphErrors) Фитирование гистограмм и графиков.

15. Деревья ROOT. Векторы и 4-векторы в ROOT

Функции (TF1, TF2) Деревья (TTree, TChain).

Генераторы случайных чисел (TRandom). Векторы и 4-векторы (TVector3, TLorentzVector) Использование классов ROOT в C++ программах.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Теоретические основы атомной динамики и моделирования микроструктуры многокомпонентных конденсированных сред

Цель дисциплины:

- изложение аналитических и численных методов исследования микроструктуры и атомной динамики конденсированных сред;
- изложение метода функции Грина;
- обучение навыкам компьютерного моделирования методами молекулярной динамики и статистической геометрии;
- изложение формализма фейнмановских диаграмм.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области атомной динамики конденсированных сред;
- обучение студентов основным методам и подходам, используемым в атомной динамике конденсированных сред, изучение базовых принципов методов молекулярной динамики;
- формирование подходов, основанных на математическом моделировании, методах молекулярной динамики.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- принципы и методы молекулярной динамики, методов исследования физики конденсированных сред.

уметь:

- применять подходы молекулярной динамики для исследований в задачах ядерных технологий.

владеть:

- методами компьютерного моделирования и молекулярной динамики, методами разработки проблемно-моделирующих сред на современных суперкомпьютерных системах.

Темы и разделы курса:

1. Конденсированные среды на микроуровне.

Тетраэдрическая модель флуктуаций плотности.

Коррелятор флуктуаций плотности, масштабное самоподобие, особенности топология конденсированных сред, тетраэдрические цепи Бернала, матричная алгебра построения цепей, операторы поворота, инверсия цепей, поверхностный фрактал флуктуаций плотности среды в МД модели и в экспериментах по малоугловому рассеянию нейтронов.

Топологическая структура флуктуаций плотности конденсированной среды.

Мощность и связность тетраэдрических кластеров флуктуаций плотности, гистограммы двухпараметрического распределения флуктуаций плотности в кристалле, аморфном теле и жидкости, текучесть жидкости, канонические поры Бернала, их симплициальное подразделение, топологический образ конденсированной среды в правильном симплициальном подразделении, число d -мерных симплексов в полиэдрах и регулярных решетках.

Генетический код флуктуаций плотности конденсированной среды.

Генетическая структура инверсионно-сопряженных цепей Бернала, двойные тетраэдрические спирали в жидких металлах, расшифровка генетического кода тетраэдрических кластеров.

Особенности атомной динамики оксидного топлива.

Твердое тело под облучением, температурные области устойчивых структур, радиационно-индуцированные структурные переходы, радиационная релаксация фаз, атомная динамика твердых соединений, диспропорционирование заряда ионного остова нестехиометрических фаз, «плавление» кислородной подрешетки диоксида урана, допированное стекло-образование диоксида.

2. Микроскопические методы исследования.

Метод функции Грина.

Потенциал Ландау, введение в двухпараметрическую флуктуационную теорию фазовых переходов, функционал топологического и композиционного порядков, приближение теории возмущений, преобразование потенциала Ландау в гамильтониан слабо взаимодействующих фононных и ликвонных полей и построение их функций Грина.

Компьютерное моделирование методами молекулярной динамики и статистической геометрии.

Численное моделирование конденсированных сред методом молекулярной динамики (МД), разновидности парных потенциалов взаимодействия частиц, NVE и NVT ансамбли, кубические ячейки с периодическими граничными условиями, техника «обрезания» парных

потенциалов, корреляционные функции, кинетические характеристики систем, топология микроструктуры «мгновенных снимков» МД ячейки, атомные конфигурации и симплициальные подразделения флуктуаций плотности, тетраэдрические кластеры плотной части среды.

Верификация моделей методом рассеяния ультра холодных нейтронов.

Проверка МД моделей методами рассеяния коротковолнового излучения (нейтроны, электроны, рентгеновское излучение), спектрометры рассеянных ультра холодных нейтронов, дифференциальные сечения рассеяния, структурные факторы, коллективные и индивидуальные движения, спектры элементарных возбуждений, композиционная кластеризация.

3. Флуктуации плотности конденсированной среды топологического и композиционного порядка.

Формализм фейнмановских диаграмм.

"Голые» фононные и ликвонные пропагаторы, диаграммная техника Фейнмана, итерационные процедуры, рекуррентные формы, собственно энергетические части, наведенные поля, принудительная генерация ликвонных флуктуаций, гипотеза «зашнуровки».

Связь фононных и ликвонных пропагаторов.

Матрица плотности фононных и ликвонных состояний, представление собственных функций гамильтониана плоскими волнами, изоморфное преобразование слабо взаимодействующих полей топологического и композиционного порядков в систему свободных «одетых» фононов и ликвонов.

Флуктуационно-индуцированная кластеризация.

Корреляционные радиусы функций Грина, их параметрические зависимости от концентрации примеси, условия микрорасслоения и кластеризации, компонентный фазовый переход фрактальных кластеров.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Теоретические основы гидродинамики и тепломассообмена

Цель дисциплины:

Формирование базовых знаний по гидродинамике, газодинамике, магнитогидродинамическому приближению в теории плазмы для дальнейшего использования в других областях знания естественнонаучного содержания; формирование научной культуры, исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся базовых знаний по гидродинамике конденсированных и газообразных систем;
- формирование общефизической культуры: умение мыслить в категориях гидродинамики с опорой на термодинамику, проводить вывод основных формул;
- формирование умений и навыков применять полученные знания для понимания и описания особенностей течений и тепломассообмена в конденсированных средах и плазме, самостоятельного анализа полученных результатов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия гидродинамики,
- уравнения, описывающие движения идеальной и вязкой жидкости, а также граничные условия к ним,
- основные законы гидродинамики, следующие из этих уравнений,
- пределы применимости этих уравнений и приближений, применяемых при их решении,
- решения некоторых фундаментальных задач и силы, действующие на границы течений,
- уравнения для потоков импульса и энергии в движущейся жидкости,
- определения тензора напряжений в жидкости и понятие вязкости,
- простейшие точные решения уравнений движения вязкой жидкости,
- критерии подобия течений и их физический смысл,

- общее уравнение переноса тепла в вязкой жидкости,
- волновое уравнение для звуковых волн, законы их излучения и распространения,
- основные подходы к описанию турбулентности, уравнения, описывающие турбулентный теплообмен,
- структуру турбулентного пограничного слоя,
- гидродинамическое приближение в теории комплексной (пылевой) плазмы, включая задачи об обтекании тела дозвуковым потоком и распространении пылезвуковых волн.
- закон «пяти третей» для локально-изотропной турбулентности,
- уравнения магнитогидродинамики, явления в замороженности и диффузии магнитных силовых линий, магнитное число Рейнольдса,
- альфвеновские и магнитозвуковые волны, соответствующие дисперсионные соотношения.

уметь:

- решать простейшие задачи гидродинамики и теплообмена с использованием базовых уравнений;
- использовать аппарат тензорного анализа для вывода базовых уравнений и нахождения полей скоростей, давлений и плотностей,
- анализировать особенности течений с помощью критериев подобия,
- использовать аппарат термодинамики для нахождения связей между переменными, описывающими течения,
- использовать полученные решения для расчета теплообмена в движущихся средах,
- пользоваться аппаратом гидродинамики для анализа коллективных движений в комплексной плазме,
- представлять полученные результаты в виде картины течений.

владеть:

- математическим аппаратом гидродинамики и термодинамики, аналитическими методами решения и исследования дифференциальных уравнений в частных производных.

Темы и разделы курса:

1. Идеальная жидкость

Уравнение непрерывности.

Уравнение Эйлера.

Уравнение Бернулли для баротропной жидкости.

Линии тока. Уравнение Бернулли для вихревого течения сжимаемой жидкости (с энтальпией).

Гидростатика. Барометрическая формула.

Несжимаемая жидкость. Условия применимости приближения несжимаемой жидкости.

Безвихревое обтекание тела идеальной несжимаемой жидкостью (основные уравнения и общий вид решения).

Обтекание шара идеальной несжимаемой жидкостью.

Обтекание цилиндра идеальной несжимаемой жидкостью.

Сила, действующая на тело, обтекаемое идеальной несжимаемой жидкостью. Парадокс Даламбера.

Циркуляция скорости. Теорема Томсона.

Поток импульса в идеальной жидкости.

Поток энергии в идеальной жидкости.

2. Течение вязкой жидкости

Уравнения движения вязкой жидкости. Тензор напряжений, ньютонова жидкость.

Тензор плотности потока импульса в вязкой жидкости.

Сила, действующая на соприкасающуюся с жидкостью твердую поверхность.

Уравнение Навье–Стокса.

Решения уравнений движения вязкой жидкости для течений Куэтта и Пуазейля с бесконечными плоскими границами.

Течение жидкости в трубе кругового сечения.

Задача о фильтрации. Закон Дарси.

Течение жидкости между вращающимися цилиндрами.

Закон подобия течений. Критерии подобия.

Обтекание шара вязкой жидкостью. Формула Стокса.

3. Тепломассообмен в вязкой жидкости

Диссипация кинетической энергии в несжимаемой вязкой жидкости.

Уравнение переноса тепла в несжимаемой вязкой жидкости (для энтропии). Теплопроводность.

Уравнение переноса тепла в несжимаемой вязкой жидкости (для температуры). Граничные условия.

Закон подобия течений при переносе тепла. Критерии подобия.

Примеры применения уравнения переноса тепла для решения задач.

Свободная конвекция жидкости в гравитационном поле. Число Рэлея.

4. Волны в движущихся средах

Звук. Волновое уравнение для звуковых волн в идеальной жидкости. Закон дисперсии звуковых волн.

Распространение звука в движущейся среде. Эффект Доплера.

Сферические и цилиндрические волны.

Излучение звука пульсирующей сферой. Мощность излучения.

Излучение звука колеблющейся сферой (дипольное излучение).

Гравитационные волны на поверхности жидкости.

5. Основные модели турбулентности, пограничный слой

Уравнения Рейнольдса. Тензор турбулентных напряжений.

Уравнения переноса тепла и массы в турбулентном потоке.

Модель пути смешения Прандтля. Турбулентные числа Прандтля и Шмидта.

Турбулентный пограничный слой, его структура. Логарифмический профиль скоростей.

Локально-изотропная турбулентность. Закон «пяти третей».

6. Основные элементы магнитогидродинамики

Уравнения движения проводящей жидкости в магнитном поле. Приближенные уравнения Максвелла и условия их применимости.

Тензор плотности потока импульса в магнитном поле.

Уравнение для индукции магнитного поля, вмороженность и диффузия магнитных силовых линий.

Диссипация в магнитной гидродинамике. Магнитное число Рейнольдса.

Альфвеновские и магнитозвуковые волны, дисперсионные соотношения.

Самопроизвольная генерация сильных магнитных полей. Механизм динамо.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Теоретические основы гидродинамики и теплопереноса

Цель дисциплины:

- освоение студентами фундаментальных знаний по гидродинамике и теплофизике, а также их приложений в области безопасности атомной энергетики.

Задачи дисциплины:

- Оказание студентам консультаций и помощи в проведении собственных исследований
- Приобретение студентами навыков качественного анализа и количественных оценок применительно к проблеме безопасности атомных станций
- Обучение студентов методам решения практических задач в области гидродинамики и конвективного теплообмена.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики;
- порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;
- современные проблемы физики, химии, математики;
- физику гидродинамических неустойчивостей, приводящих к турбулентным режимам теплопереноса;
- специфические особенности гидродинамических и теплофизических процессов в задачах по проблеме безопасности атомной энергетики.

уметь:

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных, прикладных и технологических задач;
- производить численные оценки по порядку величины;

- видеть в технических задачах физическое содержание;
- осваивать новые предметные области и теоретические подходы;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов применительно к проблеме безопасности атомной энергетики.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы в Интернете;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- математическим моделированием физических задач гидродинамики и теплофизики;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач, относящихся к проблеме безопасности атомной энергетики.

Темы и разделы курса:

1. Общая система уравнений движения неидеальной жидкости. Гидродинамика идеальной жидкости.

1. Предмет гидродинамики. Законы сохранения массы, импульса и энергии. Вывод общей системы уравнений движения неидеальной жидкости (непрерывности, Навье-Стокса и теплопереноса). Граничные условия. 2. Идеальная жидкость. Система уравнений движения и граничные условия. Гидростатика. Изэнтропические течения. Завихренность. Теорема Томсона. 3. Потенциальное течение. Несжимаемая жидкость. Уравнение Бернулли. Потенциальное обтекание несжимаемой жидкостью. Парадокс Даламбера. 4. Условия применимости приближения несжимаемой жидкости. Гравитационные волны. Звук.

2. Вязкая жидкость

1. Уравнение Навье-Стокса. Задачи о простейших типах течения вязкой жидкости. Пуазейлевы течения. Колебательное движение вязкой жидкости. 2. Законы подобия. Числа Рейнольдса, Фруда и Струхала. 3. Течения при малых числах Рейнольдса. Формула Стокса. 4. Ламинарные течения при больших числах Рейнольдса. Ламинарный след. Затопленная струя. Ламинарный пограничный слой. Сила сопротивления.

3. Турбулентность

1. Задача об устойчивости стационарного движения. Неустойчивости Рэля-Тейлора и Кельвина-Гельмгольца. Переход к турбулентности. 2. Развитая турбулентность. Модель Колмогорова-Обухова. 3. Турбулентная струя. Турбулентный след. Логарифмический профиль скоростей при турбулентном течении вдоль неограниченной плоской поверхности. 4. Турбулентный пограничный слой. Турбулентное течение в трубах. Коэффициент сопротивления. Кризис сопротивления при турбулентном обтекании твердых тел.

4. Поверхностные явления

1. Формула Лапласа. Механическое равновесие соприкасающихся тел. 2. Капиллярные волны. Рассасывание периодически модулированного профиля поверхности жидкости.

5. Теплоперенос в жидкостях без внутренних источников тепла

1. Уравнение переноса тепла. Теплопроводность в несжимаемой жидкости. Конвекция.

2. Закон подобия для теплопередачи. Теплопередача в пограничном слое. Турбулентные пульсации температуры.

3. Теплообмен при ламинарном течении в трубах и каналах.

4. Теплообмен при турбулентном течении в трубах и каналах.

6. Свободная конвекция в жидкости без внутренних источников тепла

1. Тепловое расширение. Свободная конвекция. Законы подобия. Ламинарный свободноконвективный пограничный слой на вертикальной стенке. 2. Турбулентный свободноконвективный пограничный слой. Свободноконвективные струи. 3. Конвективная неустойчивость горизонтального плоскопараллельного слоя жидкости, подогреваемого снизу. Конвекция Рэлея-Бенара. 4. Турбулентная конвекция Рэлея-Бенара. Мягкая и жесткая турбулентность. 5. Теплообмен, сопровождаемый фазовыми превращениями. Радиационный теплообмен.

7. Теплоотдача энерговыделяющей жидкости (ЭВЖ)

1. Методы и современное состояние исследований теплоотдачи ЭВЖ. Метод аналитических оценок. 2. Режимы теплоотдачи ЭВЖ. Теплоотдача в асимптотическом режиме. 3. Предельные угловые характеристики теплоотдачи ЭВЖ. 4. Теплоотдача ЭВЖ в квазидвумерной геометрии. 5. Особенности теплоотдачи остывающей жидкости без внутренних источников тепла в квазистационарном режиме.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Теоретические основы проекционного метода

Цель дисциплины:

- ознакомить студентов с математическими основами кинетического уравнения Больцмана, H-теоремой;
- дать краткий обзор модельных уравнений;
- ввести понятие безразмерных величин;
- детально ознакомить студентов с консервативным проекционным методом как для одноатомного газа, так и для смесей газов с различными молекулярными массами.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области физики переноса массы и энергии на основе кинетического уравнения Больцмана;
- обучение студентов основным методам и подходам, используемым в кинетической теории, изучение базовых принципов кинетической теории, основанной на уравнении Больцмана;
- формирование подходов, основанных на конечно-разностных аппроксимациях оператора адвекции кинетического уравнения, расщепление кинетического уравнения по физическим процессам. Дискретная реализация начальных и граничных условий.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- принципы и методы кинетической теории Больцмана, получения когерентного излучения, физические явления, лежащие в основе методов переноса газов излучений в сложных средах и композициях.

уметь:

- численно решать кинетическое уравнение.

владеть:

- методами компьютерного моделирования газокинетических процессов, методами разработки проблемно-моделирующих сред на современных суперкомпьютерных системах.

Темы и разделы курса:

1. Введение.

Введение в дисциплину.

2. Кинетическое уравнение Больцмана.

Свойства кинетического уравнения Больцмана.

Симметрия.

H-теорема.

Линеаризованное уравнение Больцмана.

Модельные уравнения.

Безразмерные переменные.

Уравнение Больцмана для смеси газов.

Уравнение Больцмана для газа с внутренними степенями свободы.

3. Консервативный проекционный метод вычисления интеграла столкновений Больцмана для простого газа.

Дискретизация по скоростному пространству.

Столкновение молекул.

Методы интегрирования. Оптимальные коэффициенты Коробова. Сетки Коробова.

Методика проецирования и интерполирования.

Дискретизация по времени. Схема Эйлера. Схемы второго порядка. Схема непрерывного счета.

Учет потенциала взаимодействия молекул.

Тестирование реализации метода. Задача теплопроводности. Структура ударной волны.

4. Консервативный проекционный метод для газа с внутренними степенями свободы.

Расчет сечений столкновений двухатомных молекул с учетом вращательных степеней свободы.

Проекционный метод.

Практическая часть.

5. Консервативный проекционный метод для смеси газов.

Двухточечный проекционный метод.

Многоточечный проекционный метод.

Практическая часть.

6. Численное решение кинетического уравнения Больцмана.

Расщепление.

Уравнение переноса.

Уравнение однородной релаксации.

Практическая часть на примере ВГК модели.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Теория вероятностей

Цель дисциплины:

освоение основных современных методов теории вероятностей.

Задачи дисциплины:

- освоение студентами базовых знаний (понятий, концепций, методов и моделей) в теории вероятностей;
- приобретение теоретических знаний и практических умений и навыков в теории вероятностей;
- оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных теоретических исследований в теории вероятностей.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные понятия, законы теории вероятностей;
- современные проблемы соответствующих разделов теории вероятностей;
- понятия, аксиомы, методы доказательств и доказательства основных теорем в разделах, входящих в базовую часть цикла;
- основные свойства соответствующих математических объектов;
- аналитические и численные подходы и методы для решения типовых прикладных задач теории вероятностей.

уметь:

- понять поставленную задачу;
- использовать свои знания для решения фундаментальных и прикладных задач;
- оценивать корректность постановок задач;
- строго доказывать или опровергать утверждение;

- самостоятельно находить алгоритмы решения задач, в том числе и нестандартных, и проводить их анализ;
- самостоятельно видеть следствия полученных результатов;
- точно представить математические знания в теории вероятностей в устной и письменной форме.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации и решения задач (в том числе, сложных);
- навыками самостоятельной работы и освоения новых дисциплин;
- культурой постановки, анализа и решения математических и прикладных задач, требующих для своего решения использования математических подходов и методов;
- предметным языком теории вероятностей и навыками грамотного описания решения задач и представления полученных результатов.

Темы и разделы курса:

1. Классическое (комбинаторное) определение вероятности.

Свойства вероятности при таком определении. Простейшие комбинаторные модели. Примеры комбинаторных задач, для решения которых удобно использовать классическое определение вероятности.

2. Геометрические вероятности и их свойства.

Примеры задач, для решения которых удобно использовать геометрические вероятности: задача о встрече, задача о минимальном и максимальном элементах в случайной выборке и пр. Парадокс Бертрانا.

3. Условные вероятности, умножение вероятностей, формулы полной вероятности и Байеса.

Независимость событий: попарная независимость, независимость в совокупности, независимость события от группы событий. Схема испытаний Бернулли. Полиномиальная схема. Схема серий.

4. Понятие о случайном блуждании и случайном графе.

Порядковые статистики. Закон больших чисел для схемы Бернулли. Предельная теорема Пуассона для схемы серий. Локальная предельная теорема и интегральная предельная теорема Муавра – Лапласа.

5. Общая вероятностная модель. Аксиоматика Колмогорова.

Случайные величины. Закон распределения, функция распределения и ее свойства. Дискретные и абсолютно непрерывные распределения, плотность распределения. Важнейшие распределения: биномиальное, пуассоновское, геометрическое, гипергеометрическое, равномерное, нормальное, Коши, экспоненциальное

(показательное), гамма-распределение. Интерпретация предельных теорем Пуассона и Муавра – Лапласа в терминах распределений случайных величин.

6. Распределение функций от случайных величин.

Математическое ожидание случайной величины. Линейность математического ожидания. Математическое ожидание функции от случайной величины.

7. Примеры комбинаторных задач, решаемых за счет линейности математического ожидания.

Неравенства Маркова и Чебышёва. Связь между понятием распределения случайной величины и заданием вероятностной меры на прямой.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Теория групп и представлений

Цель дисциплины:

- формирование базовых знаний по теории групп, алгебр Ли и их представлений для дальнейшего использования в теоретической и математической физике;
- формирование математической культуры, исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся базовых знаний по теории групп, алгебр Ли и их представлений;
- формирование общематематической культуры: умение логически мыслить, давать определения основных объектов и проводить доказательства основных утверждений;
- формирование умений и навыков использования теоретико-групповых методов в задачах квантовой механики и теории поля.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- определение основных алгебраических структур: группы, кольца, поля, ассоциативные алгебры и алгебры Ли, линейные представления;
- основные геометрические понятия, необходимые для теории групп Ли и ее приложений (поверхности, многообразия, основы топологии, касательные вектора и пространства);
- действия групп, однородные пространства, нормальные подгруппы;
- классические группы Ли; Группы Лоренца и Пуанкаре;
- общую структуру представлений унитарных и ортогональных групп.

уметь:

- доказывать основные факты теории конечномерных представлений $SL(2, \mathbb{C})$ и $SL(3, \mathbb{C})$ ($SU(2)$ и $SU(3)$);
- уметь раскладывать заданное представление $SL(2, \mathbb{C})$ в прямую сумму неприводимых;

- явно строить представления ортогональных групп в произвольной размерности, в том числе спинорные.

владеть:

- тензорными произведениями линейных пространств и представлений;
- методами комплексификации, о вещественности и перехода к компактной вещественной форме;
- модулями Верма и весовыми разложениями представлений;
- методом индуцированных представлений, понятием малой группы для анализа унитарных представлений группы Пуанкаре, возникающих в квантовой теории.

Темы и разделы курса:

1. Абстрактные группы, линейные представления, тензорная алгебра

Группы преобразований и абстрактные группы. Группы симметрий. Примеры. Определение группы, гомоморфизмы и изоморфизмы групп, подгруппы, нормальные подгруппы. Образ и ядро. Группа перестановок, конечные группы. Линейные отображения между пространствами, линейные представления. Прямая сумма и тензорное произведение линейных пространств и представлений, линейные функционалы, двойственное пространство, тензоры. Комплексификация и о вещественности линейных пространств, вещественная форма. Градуировка и фильтрация на линейном пространстве. Тензорная алгебра. Симметричные тензора. Алгебра Грассмана.

2. Группы Ли и дифференцируемые многообразия. Компактные группы

Многообразия как поверхности в евклидовом пространстве. Минимальные сведения из топологии и геометрии: топологическое пространство, связность, непрерывные отображения, локальные координаты, гладкие отображения, касательное пространство, дифференциальные формы и интегрирование. Классические группы Ли $GL(n)$, $SL(n)$, $O(n)$, $SO(n)$, $Sp(n)$, группы Евклида, Лоренца и Пуанкаре, группы $U(n)$ и $SU(n)$. Компактные группы, усреднение по группе, полная приводимость представлений. Редуктивные группы.

3. Касательные алгебры Ли и их представления. Представления старшего веса

Связь между группой Ли и алгеброй Ли для матричных групп. Экспоненциальное отображение. Алгебры Ли классических групп Ли. Понятие представления алгебры. Приводимые, неприводимые и вполне приводимые представления. Гомоморфизмы представлений, сплетающие операторы, лемма Шура. Форма Киллинга. Полупростые алгебры.

Веса, вектор старшего веса. Теория представлений $sl(2, \mathbb{C})$ как пример общего метода, реализация неприводимых представлений на полиномах от двух и трех переменных. Матрицы Паули. Гармонические полиномы. Гармонический анализ на сфере. Связь с квантовой теорией углового момента. Структура представлений. Модуль Верма для

алгебры Ли $sl(2, \mathbb{C})$. Реализация модуля Верма алгебры Ли $sl(2, \mathbb{C})$ в пространстве полиномов от одной переменной. Неприводимые представления $SL(n, \mathbb{C})$, $SO(n)$.

4. Спиноры и алгебры Клиффорда. Индуцированные представления алгебр и групп Ли. Унитарные представления группы Пуанкаре

Соотношения и ассоциативные алгебры. Алгебры Клиффорда. Представления алгебр Клиффорда. Связь между алгебрами Клиффорда и матричными алгебрами. Спиноры. Спинорные представления ортогональных алгебр. Группы $Spin(n)$.

Индуцированные представления алгебр и групп Ли. Алгебры Лоренца и Пуанкаре в n измерениях. Классификация Вигнера унитарных представлений группы Пуанкаре. Малая группа. Массивные и безмассовые поля.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Теория групп и представлений

Цель дисциплины:

Семестровый курс лекций по теории групп и представлений призван дать слушателям знания об основных понятиях и методах этого раздела математики на уровне, достаточном для дальнейшего освоения курсов из области теоретической физики фундаментальных взаимодействий и самостоятельной исследовательской работы в этой области.

Курс начинается с введения базовых понятий теории групп и напоминания необходимых сведений из линейной алгебры. Далее подробно обсуждаются матричные группы Ли, теория представлений компактных и некомпактных групп и алгебр Ли, сопровождаемые примерами применения изучаемого материала в теоретической физике. Общее изложение дополняется решением большого числа упражнений и задач.

Задачи дисциплины:

Познакомить студентов с основными понятиями и идеями в этой области, с постановкой задач и подходами к их решениям. Предполагается, что, прослушав этот курс, студенты смогут приступить к научно-исследовательской работе под руководством научных руководителей.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Основные понятия по теме дисциплины.

уметь:

Пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования, решать задачи по теме дисциплины.

владеть:

Математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

Темы и разделы курса:

1. Алгебраические структуры: Группы, кольца, поля, линейные пространства, алгебры. Изоморфизмы и гомоморфизмы. Определения. Примеры.

Определение понятия алгебраической структуры и подструктуры. Основные алгебраические структуры. Соотношения между ними.

2. Напоминание из курса линейной алгебры: линейное отображение (Ker , Im , CoKer , CoIm), факторизация, двойственность.

Необходимые сведения из линейной алгебры. Линейные отображения. Естественные отображения вложения и факторизации. Разложение произвольного линейного отображения по естественным.

3. Прямая сумма и тензорное произведение линейных пространств, жорданова форма линейного оператора.

Прямая сумма линейных пространств. Тензорное произведение линейных пространств. Классификация линейных отображений пространств над алгебраически замкнутыми полями. Жорданова нормальная форма оператора.

4. Классы смежности группы по подгруппе. Теорема Лагранжа. Нормальная подгруппа. Фактор группа.

Классы смежности группы по подгруппе. Нормальная подгруппа. Факторизация группы по нормальной подгруппе.

5. Идеалы в алгебре, фактор алгебра.

Аналогично предыдущему занятию в алгебре: идеал в алгебре и факторизация алгебры по идеалу.

6. Замечательные свойства Ker и Im гомоморфизмов алгебр и групп. Теоремы о гомоморфизмах.

Особые свойства ядра и образа гомоморфизма. Различные теоремы о гомоморфизмах.

7. Группа $\text{GL}(V)$ и алгебра $\text{End}(V)$. Определение представления группы и алгебры. Подпредставления. Неприводимые, приводимые и вполне приводимые представления. Изоморфизм и гомоморфизм представлений. Язык модулей.

Определение понятия представления группы и алгебры. Классификация представлений. Язык модулей.

8. Простые группы и простые алгебры. Лемма Шура.

Особые свойства простых групп и алгебр. Лемма Шура.

9. Дискретные группы. Конечные группы. Циклические группы. Симметрические группы.

Различные виды групп: дискретные, конечные, циклические. Теоремы о них.

10. Прямое и полупрямое произведение групп.

Понятие группы автоморфизмов. Внутренние и внешние автоморфизмы. Операции с группами. Прямое и полупрямое произведение групп.

11. Теория характеров конечных групп.

Теория характеров конечных групп. Определение понятия характер представления. Основные свойства характеров. Метрика на характерах. Характеры неприводимых представлений.

12. Представления группы перестановок. Диаграммы Юнга.

Применение полученных ранее знаний для изучения неприводимых представлений симметрической группы. Диаграммы Юнга.

13. Общие сведения из топологии. Непрерывные группы. Группы Ли.

Некоторые вопросы топологии. Понятие непрерывной группы и группы Ли.

14. Классические группы Ли.

Обсуждение классических групп Ли: gl , sl , o , so , sp . Группа Лоренца и группа Пуанкаре.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Теория излучения

Цель дисциплины:

- формирование базовых знаний в области квантовой и классической теории излучения и рассеяния света для дальнейшего использования в других разделах и дисциплинах современной оптики, спектроскопии и лазерной физики; формирование культуры в области квантовой механики и квантовой электродинамики, исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины:

- обучение студентов основным физическим подходам в теории излучения и рассеяния света;
- изучение радиационных процессов с участием дискретного спектра, в том числе изложение квантовой теории однофотонного и двухфотонного излучения и поглощения света атомно-молекулярными системами;
- ознакомление с основами квантовой и квазиклассической теории уширения спектральных линий;
- изучение разнообразных типов связанно-свободных и свободно-свободных радиационных процессов с участием непрерывного спектра;
- иллюстрация общих положений теории на примерах конкретных процессов фотоионизации атомов и фоторекомбинации электронов с ионами; фотоотрыва электронов от отрицательных ионов и фотодиссоциации молекул, тормозного излучения при столкновениях электронов с ионами;
- формирование у обучающихся общей культуры в области квантовой механики и квантовой электродинамики.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- спектральные диапазоны электромагнитного излучения и понимать специфику оптического диапазона;

- структуру и основные свойства атомов, молекул в слабо и сильновозбужденных состояниях и основные типы радиационных переходов с участием атомно-молекулярных систем; вид спектров (линейчатый, полосатый и непрерывный);
- способы квантового описания свободного электромагнитного поля, в том числе свойства операторов рождения и уничтожения фотонов;
- вид гамильтониана системы: атом + поле; общий вид оператора взаимодействия атома с полем и выражение, применимое в дипольном приближении;
- основы квантовой теории однофотонного излучения и поглощения света в дискретном спектре;
- общие квантовые формулы для вероятностей и интенсивностей излучения и поглощения света и соответствующие выражения дипольного излучения.
- принцип соответствия и классические формулы для спектрального распределения интенсивности дипольного излучения;
- основные характеристики излучательных переходов в дискретном спектре, в том числе коэффициенты Эйнштейна; радиационное время жизни атома; силы осцилляторов перехода и силы линий; эффективные сечения поглощения и вынужденного излучения; коэффициенты поглощения и усиления света;
- правила отбора для электро-дипольного, магнитно-дипольного и электро-квадрупольного излучения;
- механизмы уширения спектральных линий (естественное, доплеровское, ударное и квазистатическое уширение) и методы расчета спектральных ширин и сдвигов линий;
- классификацию и способы описания связанно-свободных и свободно-свободных фотопереходов, включая процессы фотоионизации атомов, фотодиссоциации молекул, тормозное излучение электрона в кулоновском поле и трансляционное поглощение света при столкновениях атомов;
- характерные величины сечений фотоионизации атомов и фоторекомбинации электронов с ионами, фотоотрыва электрона от отрицательного иона, фотодиссоциации молекул;
- основы теории неупругого и упругого рассеяния света;
- дисперсионные формулы классической и квантовой электродинамики;
- релеевский и Томсоновский пределы теории рассеяния света. Физическую суть явления резонансной флуоресценции;
- основы теории двухфотонного испускания и поглощения света.

уметь:

- проводить качественный анализ характера спектров излучения, поглощения и рассеяния света разнообразными системами (в том числе атомами и молекулами, кластерами и квантовыми точками);

- применять полученные знания в области теории излучения и рассеяния света для оценки основных характеристик радиационных процессов конкретными атомно-молекулярными системами и наночастицами.

владеть:

- общим математическим аппаратом теории излучения и рассеяния света;
- аналитическими методами вычисления радиационных характеристик (сил осцилляторов перехода, коэффициентов Эйнштейна, сечений вынужденного испускания, сечений и коэффициентов поглощения и усиления света и т.п.);
- способами расчета контуров спектральных линий;
- основными методами расчета сечений упругого и неупругого рассеяния света.

Темы и разделы курса:

1. Введение.

- Энергетический спектр атома и двухатомной молекулы. Характерные масштабы энергий, частот и длин волн переходов. Система атомных единиц.
- Типы радиационных переходов с участием атомов, молекул и ионов. Линейчатый, полосатый и непрерывный спектры.
- Специфика оптического диапазона. Дипольное приближение.
- Волновое уравнение. Монохроматическая плоская волна. Поперечная (кулоновская) и лоренцевская калибровки поля.
- Поле линейного электрического диполя в ближней и дальней зонах. Интенсивность дипольного излучения. Принцип соответствия.
- Разложение полей по мультиполям. Электро-дипольное, магнитно-дипольное и электро-квадрупольное излучение.
- Сила радиационного трения. Осциллятор с затуханием в поле электромагнитной волны. Лоренцевское распределение интенсивности излучения.

2. Квантование свободного электромагнитного поля.

- Собственные колебания поля. Разложение электромагнитного поля по плоским волнам. Гамильтоновский метод в электродинамике. Канонические переменные.
- Правило коммутации обобщенных координат и импульсов. Операторы рождения и уничтожения фотонов; оператор числа частиц. Квантование свободного поля излучения. Энергия и импульс квантованного поля.
- Момент и четность фотона. Сферические волны фотонов. Поляризация фотона. Фотоны электрического и магнитного типов.

- Гамильтониан системы поле + частицы. Энергия взаимодействия поля с движущимся зарядом. Матричные элементы взаимодействия поля с атомом.

3. Квантовая теория однофотонного излучения и поглощения света.

- Вывод выражений для вероятностей излучения и поглощения света в рамках теории возмущений. Спонтанное и вынужденное излучение. Коэффициенты Эйнштейна. Вероятности дипольного излучения. Принцип соответствия.
- Электрическое и магнитное мультипольное излучение. Матричные элементы переходов. Правила отбора для электро-дипольного, магнитно-дипольного и электро-квадрупольного излучения.
- Ширины энергетических уровней. Радиационное время жизни атома и его зависимость от главного и орбитального квантовых чисел.
- Силы осцилляторов перехода и силы линий. Теорема о сумме сил осцилляторов.
- Спектральное распределение коэффициента Эйнштейна. Эффективные сечения поглощения и вынужденного излучения. Контуры спектральных линий. Зависимость сечений в центре линии от ее ширины.
- Интегральные по линии и по всему спектру сечения поглощения. Вид сечения поглощения света атомом из основного состояния.
- Коэффициент поглощения света на связанно-связанном переходе. Поправка на вынужденное излучение. Оптическая толщина слоя. Коэффициент усиления.
- Радиационные переходы между дискретными состояниями водородоподобного атома. Точные квантовомеханические выражения Гордона. Квазиклассическая формула Крамерса и ее предельные выражения. Радиационное время жизни атома и его зависимость от главного и орбитального квантовых чисел.
- Электронно-колебательно-вращательная структура спектров двухатомной молекулы. Приближение гармонического осциллятора и жесткого ротатора. Ангармонический осциллятор и взаимодействие колебаний с вращением. Симметрия и классификация электронных термов. Правила отбора для электронных, колебательных и вращательных фотопереходов.

4. Основы общей теории рассеяния.

- Общие формулы для амплитуды, дифференциального и полного сечений рассеяния. Парциальные волны. Потенциальное и резонансное рассеяние.
- Оптическая теорема и ее следствия для рассеяния волн и частиц.
- Квазиклассическое, борновское и импульсное приближения.
- Теория эффективного радиуса для низкоэнергетичного рассеяния.

5. Уширение и сдвиг спектральных линий.

- Естественная ширина линии. Лоренцевский контур линии при радиационном уширении. Лэмбовский сдвиг.
- Допплеровское уширение. Гауссова форма линии.
- Ударное и квазистатическое уширение. Связь интенсивности излучения с функцией корреляции. Лоренцевский контур линии излучения осциллятора со случайной фазой. Сечения уширения и сдвига; ударные ширины и сдвиги.
- Общие квантовомеханические формулы для сечения ударного уширения через амплитуды рассеяния. Упругие и неупругие ширины. Предельные случаи.
- Ударное уширение при степенном взаимодействии. Вайскопфовский радиус и частота. Границы применимости ударного и квазистатического пределов.
- Бинарный предел в теории квазистатического уширения. Квазистатическое (степенное) и антистатическое (экспоненциальное) крылья линии.
- Уширение линии нейтральными частицами.
- Уширение и сдвиг высоковозбужденных уровней в газе. Два механизма уширения. Модель псевдопотенциала. Асимптотический закон Ферми для сдвига линии.
- Уширение линии электронами и ионами плазмы. Хольцмарковское уширение спектральных линий в плазме. Бинарное приближение.
- Контур составной линии. Свертки двух лоренцевских и гауссовских контуров. Свертка лоренцевского и гауссовского контуров (интеграл Фойхта).

6. Радиационные процессы с участием непрерывного спектра.

- Система волновых функций непрерывного спектра. Нормировка.
- Вероятности связанно–свободных фотопереходов. Соотношения детального баланса для прямых и обратных процессов.
- Фотоионизация атома и фоторекомбинация электронов с ионами.
- Фотоотрыв электрона от отрицательного иона.
- Свободно-свободные фотопереходы. Тормозное излучение электрона в кулоновском поле.
- Трансляционное поглощение света при столкновениях атомов.
- Фотодиссоциация молекул и молекулярных ионов. Индивидуальные сечения для фиксированных уровней. Интегральный вклад дискретного и непрерывного спектров молекулы. Теория Бейтса и ее квантовомеханическое обобщение.

7. Классическая и квантовая теория рассеяния света.

- Классическая теория упругого рассеяния света. Вывод дисперсионной формулы классической электродинамики на примере осциллятора во внешнем поле.
- Динамическая и статическая поляризуемости атома.

- Квантовая теория неупругого и упругого рассеяния света. Промежуточные состояния. Дисперсионная формула квантовой электродинамики (формула Крамерса-Гайзенберга). Тензор рассеяния света и правила отбора.
- Релеевский и Томсоновский пределы. Комптон эффект (теория Клейна-Нишины). Резонансная флуоресценция.
- Спонтанное и вынужденное комбинационное рассеяние. Рассеяние на атомах и молекулах. Стоксовы и антистоксовы компоненты.

8. Двухфотонное испускание и поглощение света.

- Теория двухфотонного испускания и поглощения света. Зависимость вероятности двухфотонного испускания от частот испускаемых квантов.
- Вероятности однофотонного и 2-х фотонного испускания. Время жизни атома $H(2s_{1/2})$ относительно 2-х фотонного распада и магнитно-дипольного излучения.
- Коэффициент двухфотонного поглощения. Бездоплеровская спектроскопия.
- Многофотонные и многоступенчатые радиационные процессы.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Теория излучения

Цель дисциплины:

Освоение студентами фундаментальных знаний в области физики плазмы, классической электродинамики и физической кинетики. Развитие у студентов свободного владения математическим аппаратом, необходимым для анализа различных процессов излучения.

Задачи дисциплины:

Предоставить инструментарий, необходимый для исследования задач, связанных с излучением релятивистских и нерелятивистских заряженных частиц, а также связанных со взаимодействием заряженных частиц с веществом и электромагнитными полями.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные механизмы излучения заряженных частиц и основные свойства излучения, свойства электромагнитных волн в плазме.

уметь:

вычислять параметры излучения (интенсивность, поляризация) при произвольном движении заряженной частицы. Описывать движение заряженных частиц в случайном электромагнитном поле.

владеть:

методом функций Грина и методом преобразований Фурье для решения задач классической электродинамики.

Темы и разделы курса:

1. Распространение электромагнитных волн в плазме. Плазма без магнитного поля, горячая плазма, замагниченная плазма. Дисперсия волн, Фарадеевское вращение. Волны в частично-нейтральной плазме

Напоминаются основы физики плазмы, связанные с распространением электромагнитных волн. Выводятся дисперсионные соотношения для различных видов плазмы: холодной, горячей, а также с наличием или отсутствием сильного магнитного поля. Рассматриваются эффекты, связанные с дисперсией. Отдельно рассматривается случай частично нейтральной плазмы и выделяются особенности распространения волн в данной среде.

2. Общая формула излучения (нерелятивистский случай). Дипольное, квадрупольное и магнитодипольное излучение. Черенковское излучение. Использование черенковского излучения в детекторах космических лучей. Томсоновское рассеяние

Выводится общая формула излучения для произвольного движения частицы с заданной скоростью и ускорением. Демонстрируется применение метода функций Грина для решения данной задачи. Далее полученная формула применяется для описания различных типов излучения. Также объясняется, откуда в задачах электродинамики берется квадрат дельта-функции Дирака и как убирать вызванную им расходимость.

3. Общая формула излучения (релятивистский случай). Ионизационные и кулоновские потери. Тормозное излучение. Тепловое тормозное излучение

Формула излучения распространяется на релятивистский случай. Отмечаются особенности, связанные с релятивистским движением заряда. Рассматриваются процессы при взаимодействии быстрых заряженных частиц с фоновыми частицами плазмы: потери на рассеяние фоновых частиц и излучение при столкновениях. Отдельно рассматривается излучение оптически тонкой горячей плазмы, связанное со столкновениями частиц.

4. Описание излучения. Параметры Стокса. Уравнение переноса излучения

Вводятся количественные параметры, позволяющие описать поляризационные свойства излучения – параметры Стокса. Описывается их физический смысл и свойства, а также рассматриваются примеры параметров Стокса для излучения различной поляризации. Приводится уравнение переноса излучения, позволяющее описать трансформацию параметров излучения при прохождении через среду.

5. Синхротронное излучение. Релятивистский и нерелятивистский случай. Поляризация синхротронного излучения. Излучение системы частиц. Изгибное излучение

Подробно объясняется, как излучает заряд в магнитном поле. Приводятся вывод параметров Стокса для нерелятивистского и релятивистского движения заряда. Показывается простая аналитическая оценка эффективной частоты излучения при релятивистском движении заряда.

6. Обратное комптоновское рассеяние. Эффект Сюняева-Зельдовича. Уравнение Компанейца

Рассматривается рассеяние мягких фотонов релятивистскими и нерелятивистскими частицами. Показано, как меняется частота рассеянного фотона и оценивается спектр рассеянных фотонов для произвольного (в том числе и анизотропного) распределения электронов. Также рассматривается нерелятивистский предел и кинетическое уравнение, описывающее взаимодействие фотонов и частиц.

7. Переходное излучение

Общая формула для излучения применяется для описания излучения при переходе через границу раздела сред. Исследуются поляризационные свойства переходного излучения по аналогии с излучением Вавилова-Черенкова.

8. Излучение при столкновениях адронов. Аннигиляционное излучение

Кратко описываются свойства излучения, не связанного с классической электродинамикой: излучение при столкновениях адронов за счет рождения и распада нейтральных пионов, а также излучение при электрон-позитронной аннигиляции. Рассматривается кинематика процессов и ее влияние на спектр излучения.

9. Введение в космические лучи. Исторический обзор

Вводится определение космических лучей. Дается краткое историческое описание истории их открытия и изучения их свойств. Описываются современные методы регистрации космических лучей.

10. Наблюдательные свойства космических лучей. Ускорение Ферми первого и второго порядка

Описываются свойства космических лучей, полученные с помощью прямых и косвенных наблюдений. Показывается, как данные свойства связаны с особенностями распространения и происхождения космических лучей. Описываются вариации спектра космических лучей за счет ускорения и убегания. Приводятся два простых примера ускорения частиц по механизму Ферми.

11. Формальный вывод кинетического уравнения для заряженных частиц. Телеграфное уравнение. Ускорение заряженных частиц ударными волнами. Максимальная энергия частиц, ускоренных на ударной волне

Выводится простое кинетическое уравнение, описывающее распространение заряженных частиц в среде с рассеянием. Показывается, как данное уравнение превращается в диффузионное, отмечаются ограничения диффузионного подхода и метод устранения ограничений с помощью сохранения членов более высокого порядка. Уравнение применяется для описания ускорения частиц на ударной волне, вычисляется спектр ускоренных частиц и их максимальная энергия.

12. Неустойчивости в плазме. Затухание Ландау и потоковая неустойчивость. Резонансное и нерезонансное взаимодействие частиц с волнами. Белловская неустойчивость и усиление магнитного поля.

Рассматриваются различные механизмы нелинейного взаимодействия заряженных частиц с плазмой. Качественно описывается взаимодействие заряженной частицы с плазменной волной и объясняется механизм передачи энергии от волны частице и наоборот. Также рассматривается коллективное взаимодействие частиц с токами в плазме и вызываемое за счет данного взаимодействия усиление поля (неустойчивость Белла).

13. Распространение частиц в случайных магнитных полях. Уравнение Фоккера-Планка. Диффузионное приближение

Выводится кинетическое уравнение, описывающее движение частиц в случайном магнитном поле. Вводится понятие квазилинейного приближения. Показывается, как из уравнения Больцмана получается уравнение конвекции-диффузии в пространстве питч-углов и импульсов (уравнение Фоккера-Планка). Демонстрируется, как уравнение

Фоккера-Планка сводится к диффузионному уравнению и какие предположения делаются в процессе вывода.

14. Энергия инъекции. Убегающие частицы. Проблемы перегрева плазмы при ускорении

Рассматриваются механизмы переброса частиц из теплового распределения в нетепловые хвосты (инъекция). Показывается, к каким ошибкам может привести неправильная оценка темпов инъекции, а также, как механизмы инъекции влияют на эффективность ускорения заряженных частиц.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Теория классических полей

Цель дисциплины:

Изучение основных положений и методов классической теории поля, необходимых для дальнейшего изучения квантовой теории поля.

Задачи дисциплины:

Познакомить студентов с основными понятиями и идеями теории классических полей, как следующего шага после изучения классической механики, с постановкой задач и подходами к их решениям. Предполагается, что, прослушав этот курс, студенты смогут использовать методы и подходы этой области в своей научно-исследовательской работе.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия курса: релятивистская симметрия, функция Лагранжа, принцип наименьшего действия, основные примеры теории поля, глобальные и локальные симметрии в теории поля, сохраняющиеся токи, спонтанное нарушение симметрии, точные решения, суперсимметрия.

уметь:

- продемонстрировать основные примеры теорий поля, состав полей, симметрии
- анализировать механизм нарушения симметрии
- работать с основными теоретико-полевыми объектами: состав полей, лагранжиан, уравнения
- решать задачи с полевыми переменными

владеть:

- математическим аппаратом теории поля

Темы и разделы курса:

1. Основные примеры теорий поля.

Обоснования квантовой теории поля, современный статус. Лагранжева формулировка. Основные примеры: теория Клейна-Гордона, теория Максвелла, теория Прока, сигма-модель. Взаимодействие как деформация свободной теории.

2. Симметрия Пуанкаре.

Симметрии, группы и алгебры Ли. Группа Пуанкаре, группа Лоренца, дискретные преобразования. Примеры преобразований: поля спина 0,1,2. Классификация Вигнера: основные элементы построения, типы частиц. Подсчет числа степеней свободы в полевой системе (пример поля Максвелла).

3. Калибровочная симметрия.

Теория Янга-Миллса: геометрия калибровочной инвариантности, дифференциальные формы, действие ЯМ (включая материю), (не)абелево действие Черна-Саймонса. Глобальные и локальные симметрии, сохраняющиеся токи и заряды, теорема Нётер. Примеры: векторный ток, тензор энергии-импульса, тензор Белинфанте, токи в теории ЯМ.

Картановская формулировка гравитации: реперные поля и симметрии, реперное действие, трехмерная гравитация.

4. Спонтанное нарушение симметрии.

Алгебра Клиффорда, типы спиноров. Пуанкаре-преобразования фермионов. Теория Дирака, фермионы во внешнем поле. Основные понятия суперматематики (суперпространство, суперматрицы, суперанализ). N-расширенная супералгебра Пуанкаре, теория Весса-Зумино.

5. Точные решения.

Спонтанное нарушение симметрии: теорема Голдстоуна, механизм Хиггса.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Теория колебаний и волн

Цель дисциплины:

Целью дисциплины «Теория колебаний и волн» является получение знаний об общих закономерностях колебательных и волновых процессов и демонстрация применения физики колебаний и волн к различным системам физической, химической, биологической и проч. природы. Овладение дисциплиной подразумевает умение использовать эти знания на практике для решения научно-исследовательских задач, при изучении фундаментальных физических процессов и основных идей, лежащих в основе работы многочисленных приборов и устройств, работающих на основе физики колебательных и волновых процессов.

Задачи дисциплины:

- ознакомление студентов с основными понятиями и концепциями физики колебаний и волн;
- освоение студентами базовых знаний в области взаимодействия колебаний и волн с различными системами; физических принципов усиления колебаний и волн, принципов действия современных колебательных и волновых устройств;
- приобретение навыков количественных оценок основных параметров, характеризующих свойства колебательных и волновых процессов;
- оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных теоретических исследований в области физики колебаний и волн.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные свойства динамических колебательных и волновых систем;
- фундаментальные понятия, законы и этапы развития колебательной и волновой физики;
- основные закономерности возбуждения колебаний и генерации волн, формирования установившихся колебаний и волновых пакетов, основные результаты теории возмущений в приложении к физике колебаний и волн, основные свойства и параметры колебательных и волновых систем различной природы, основные методы создания высокочастотных колебаний и незатухающих волн;

порядки численных величин, характерные для различных разделов физики колебаний и волн.

уметь:

абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций методами теории колебаний и волн;

квалифицированно использовать полученные знания для решения простейших практических задач физики колебаний и волн;

производить численные оценки по порядку величины;

видеть в технических задачах физическое содержание;

осваивать новые предметные области и экспериментальные методики в области физики колебаний и волн;

абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;

делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах.

владеть:

аппаратом физики колебаний и волн для расчета простейших параметров колебательных и волновых систем;

культурой постановки и моделирования физических задач в области физики колебаний и волн;

навыками самостоятельной работы с учебной, научной и справочной литературой, ведения поиска и ориентирования в библиографии.

Темы и разделы курса:

1. Что такое колебания?

Что такое колебания? Общефизическая «колебательная» терминология и язык. Динамические системы. Фазовая плоскость. Особые точки: фокус, седло, узел, центр. Зоопарк нелинейных систем различной природы. Уравнения боя Ланкастера. Соотношение между эффективностью оружия и численностью побеждающей армии. Система «хищник-жертва». Период колебаний численности популяций хищников и жертв. «Колебательная общность» и «нелинейное мышление».

2. Линейный гармонический осциллятор.

Линейный гармонический осциллятор. Примеры из физики, химии, биологии. Осциллятор, как динамическая система. Осциллятор с сильной диссипацией. Гармонический отклик осциллятора. Векторная диаграмма. Амплитуды поглощения и дисперсии. Спектр. Резонанс. Линия Лоренца. Осциллятор под действием произвольной силы. Нормальные

колебания, функция Грина. Связанные осцилляторы. Биения, фигуры Лиссажу. Нормальные моды и частоты. Гаситель колебаний, резонанс Фано.

3. Нелинейный осциллятор.

Нелинейный осциллятор. Математический маятник. Неизохронность и ангармонизм. Движение по сепаратрисе. Зависимость частоты нелинейного осциллятора от амплитуды колебаний. Уравнение Дуффинга. Потенциал с двумя ямами. Бифуркация, спонтанное нарушение симметрии. Вынужденные колебания нелинейного осциллятора. Нелинейный резонанс. Гистерезис, устойчивость решения. Теорема вириала. Давление газа. Расширение Вселенной. Асимптотические методы: метод усреднения, метод перенормировки частоты и метод многих масштабов.

4. Параметрический резонанс.

Осциллятор с изменяющимися параметрами. Мальчик на качелях. Уравнение Матье. Теорема Флоке-Блоха. Параметрический резонанс. Уравнение Матье с сильной (уровни осциллятора) и слабой (зоны Бриллюэна) модуляцией частоты. Медленное изменение параметров. Уравнение Хилла. Точность сохранения адиабатического инварианта. Квазиклассика. Движение в быстроосциллирующем поле. Разделение быстрых и медленных движений. Маятник Капицы. Устойчивые положения равновесия маятника Капицы. Инвертированный маятник. Нелинейный параметрический резонанс.

5. Движение в быстроосциллирующем поле.

Автоколебания. Обратная связь. Предельный цикл. Уравнения Ван дер Поля и Релея. Ламповый генератор, лазер, реакция Белоусова. Квазигармонические автоколебания. Бифуркация Хопфа рождения цикла. Релаксационные колебания. Кубок Тантала, сифон. Жесткий режим возбуждения. Автоколебательная система под действием периодического возмущения. Синхронизация. Уравнение Адлера. Язык Арнольда. Автоколебания и хаос в лазере и генераторе.

6. Автоколебания.

Стохастический резонанс. Переходы, индуцированные шумом. Стохастическое ускорение Ферми. Детерминированный хаос. Система Лоренца. Странный аттрактор. Энтропия КАМ. Сценарий Фейгенбаума, универсальные показатели бифуркации. Уравнения Ланжевена и Фоккера-Планка. Резервуар и природа диссипации.

7. Синхронизация.

Квантовые колебания. Оптические уравнения Блоха. Осцилляции Раби. Оптическая нутация. Квантовые биения. Вектор Блоха и сфера Блоха. Приближение вращающейся волны. Сдвиг Блоха-Зигерта.

8. Что такое волны?

Что такое волны: общефизическая «волновая» терминология и язык. Линейное волновое уравнение. Принцип суперпозиции. Общее решение волнового уравнения. Принцип Гюйгенса. Дисперсионное соотношение, групповая и фазовая скорости. Время жизни волнового пакета. Пространственная и временная дисперсии. Уравнение Клейна-Гордона. Волны в ограниченных системах, резонаторы. Дискретный спектр, стоячие волны. Фигуры Хладни. Волны в плазме. Уравнение Власова. Ленгмюровские колебания. Плазмоны. Затухание Ландау.

9. Резонаторы. Волноводы.

Кинематика волн. Энергия и импульс волн. Вектор Умова. Предвестники Зоммерфельда и Бриллюэна. Волновые неустойчивости: конвективная, Релея–Тейлора, Кельвина–Гельмгольца. Колебания капель. Вариационный принцип Уизема. Плотность энергии в среде с дисперсией. Волны с отрицательной энергией. Звуковые и капиллярные волны. Закон Вебера–Фехнера. Интенсивность, громкость и давление звука. Акустический импеданс. Нормальный и аномальный эффект Допплера. Конус Маха. Гравитационное красное смещение. Температурные волны. Тепловой скин-эффект. Вечная мерзлота.

10. Энергия и импульс волн. Вектор Умова.

Волны в неоднородных средах. Геометрическая оптика. Каустика. Рефракция. Волны в слоистых средах. Волны в периодических структурах. Теорема Блоха. Зоны Бриллюэна. Расширенная и приведенная дисперсионная кривые. Фотонные кристаллы. Локализация волн в неоднородных средах. Закон преломления в среде Веселаго. Применение линзы Веселаго для достижения сверхразрешения. Плащ-невидимка.

11. Волновые неустойчивости.

Нелинейные волны. Простая волна, уравнение Хопфа. Образование разрывов в простой волне. Нелинейные волны в среде без дисперсии и без диссипации. Нелинейные волны в среде с диссипацией. Уравнение Бюргерса. Ударные волны. Пробки на дорогах.

12. Волны в неоднородных и периодических средах.

Нелинейные волны в среде с дисперсией. Уравнение Кортвега - де Вриза. Солитон. Точные методы интегрирования нелинейных волновых уравнений. Метод обратной задачи теории рассеяния. Преобразование Бэклунда. Модулированные волны в нелинейных средах.

13. Нелинейные волны в средах с дисперсией.

Нелинейное уравнение Шредингера. Самофокусировка света. Параметрическая неустойчивость. Взрывная неустойчивость. Нелинейные волны в активных средах. Уравнения Максвелла-Блоха. Самоиндуцированная прозрачность. Групповая скорость вблизи запрещенной зоны. Скорость и устойчивость солитона в нелинейном уравнении Шредингера.

14. Нелинейные волны в активных и в диссипативных средах. Что такое синергетика?

Нелинейные волны в диссипативных средах. Конвекция и ячейки Релея–Бенара. Температурные ударные волны. Нелинейное горение. Режимы с обострением. Уравнение «реакция-диффузия». Автосолитоны. Уравнение Колмогорова–Петровского–Пискунова. Уравнение Зельдовича–Франк-Каменецкого. Скорость и устойчивость автоволны в активной среде. Критические возмущения. Теоретико-групповые методы. Локализация автоволн. Автоволны в двумерных возбудимых средах. Диффузионная неустойчивость Тьюринга. Пятна леопарда. Спонтанное нарушение симметрии. Ревербератор и ведущий центр.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Теория функций комплексного переменного

Цель дисциплины:

- формирование базовых знаний по теории функций комплексного переменного для дальнейшего использования в других областях математики, теоретической физики, гидродинамике, аэродинамике,
- формирование математической культуры и исследовательских навыков,
- овладение методами комплексного анализа.

Задачи дисциплины:

- приобретение обучающимися теоретических знаний, связанных с комплексным анализом и его приложениями,
- умение анализировать изолированные особые точки голоморфных функций и работать с регулярными ветвями многозначных функций,
- свободное владение асимптотическими методами и методом конформных отображений при решении двумерных задач математической физики,
- знание основных теорем и формул комплексного анализа.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные свойства голоморфных, целых, мероморфных и гармонических функций;
- основные теоремы: интегральную Коши, Морера, Римана о конформном отображении, Коши о вычетах, Лиувилля, Миттаг-Леффлера о существовании мероморфной функции с заданными полюсами, Руше о нулях голоморфной функции, Сохоцкого о поведении функции в окрестности существенно особой точки и др.;
- основные принципы: аргумента, сохранения области, максимума модуля, симметрии Римана-Шварца, компактности для семейств голоморфных функций и др.;
- интегральные формулы Коши и Пуассона, представления голоморфных и мероморфных функций в виде рядов и бесконечных произведений;
- отображающие свойства элементарных функций и их области однолиственности;

- асимптотические свойства гамма-функции и функции Эйри.

уметь:

- получать представление голоморфной функции в виде рядов Тейлора и Лорана,
- выявлять и исследовать изолированные точки функции,
- применять теорию вычетов для вычисления контурных и несобственных интегралов,
- находить конформные отображения с использованием элементарных функций на канонические области,
- применять метод конформных отображений при решении задачи Дирихле для уравнения Лапласа на плоскости,
- получать асимптотические формулы для интегралов, зависящих от параметра.

владеть:

- методами комплексного анализа при вычислении интегралов с помощью вычетов,
- техникой конформного отображения при решении задач гидродинамики, аэродинамики и других конформно инвариантных двумерных задач теоретической физики,
- асимптотическими методами при исследовании интегралов, зависящих от параметра.

Темы и разделы курса:

1. Комплексные числа. Стереографическая проекция.

Алгебра комплексных чисел и их геометрическое представление. Последовательности и ряды. Расширенная комплексная плоскость и стереографическая проекция.

2. Комплексные числа. Стереографическая проекция.

Связность и характеристическое свойство области. Теорема о голоморфной в области функции с обращающейся в нуль производной. Теорема об обратной функции.

3. Комплексное интегрирование. Интеграл Коши.

Интеграл и его свойства. Условия независимости интеграла от формы пути. Теорема Коши и интегральная формула Коши. Теоремы Морера, о среднем и Лиувилля. Приращение аргумента вдоль кривой. Индекс точки относительно замкнутой кривой и его свойства.

4. Ряды Тейлора и Лорана. Регулярные ветви логарифма и корней.

Разложение голоморфной функции в степенной ряд. Теорема единственности. Разложение голоморфной функции в кольцо. Условия выделения регулярных ветвей логарифма и корней.

5. Изолированные особые точки. Вычеты. Вычисление интегралов.

Классификация изолированных особых точек и связь с видом ряда Лорана. Теорема Сохоцкого о поведении голоморфной функции в окрестности существенно особой точки. Формулы для вычисления вычетов. Основная теорема о вычетах. Лемма Жордана и вычисление несобственных интегралов с помощью вычетов.

6. Принцип аргумента и отображающие свойства голоморфных функций. Конформные отображения. Аналитическое продолжение.

Теорема Руше и основная теорема алгебры. Теорема о локальной структуре отображения. Принцип сохранения области. Однолиственность и локальная однолиственность. Принцип максимума модуля и лемма Шварца. Конформность отображения и критерий конформности в точке. Элементарные конформные отображения. Теорема Римана об отображении.

7. Локально равномерная сходимость. Мероморфные функции. Бесконечные произведения.

Различные определения локально равномерной сходимости. Теоремы Вейерштрасса и Гурвица. Принцип компактности. Теорема Миттаг—Леффлера о существовании мероморфной функции с заданными полюсами. Разложение котангенса в виде суммы элементарных дробей. Формула Эйлера и представление Гаусса для гамма—функции. Представление синуса в виде бесконечного произведения.

8. Гармонические функции и задача Дирихле.

Связь между голоморфными и гармоническими функциями. Принцип экстремума и теорема единственности для гармонических функций. Конформная инвариантность. Теорема о среднем и интегральная формула Пуассона. Интеграл Пуассона и решение задачи Дирихле в круге.

9. Асимптотические методы и функция Эйри.

Интегральные представления и свойства функции Эйри. Метод Лапласа и асимптотика гамма—функции. Метод стационарной фазы. Метод перевала и асимптотика функции Эйри.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Теория ядерных реакторов

Цель дисциплины:

- ознакомление студентов с физическими основами работы ядерных реакторов различного типа;
- формирование у студентов представления о роли и месте ядерной энергетики в ряду других традиционных и альтернативных источников энергии.

Задачи дисциплины:

- Обучение студентов навыкам выделять существенные физические процессы, с точки зрения моделирования проблемы в целом
- Ознакомления студентов с приемами создания упрощенных моделей в теории реакторов для оценки качественных результатов явлений в активной зоне ядерных реакторов:
- Формирование базовых знаний о физических основах и конструктивных особенностях ядерных реакторов различного типа;
- Обучение студентов базовым методам решения практических задач в области нейтронной физике и безопасности ядерных реакторов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- набор основных положений ядерной физики, используемых в теории реакторов;
- основные конструктивные особенности ядерных реакторов различного типа;
- осуществлять оценочные расчеты критичности ядерного реактора в диффузионно-возрастном приближении;
- нестационарные режимы работы и регулирование ядерного реактора;
- изменение изотопного состава ядерного топлива в процессе эксплуатации реактора.

уметь:

- получать наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценить степень их достоверности;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.
- формулировать основные положения безопасности ядерной энергетики;
- осуществлять оценочные расчеты критичности ядерного реактора в одноклассовом диффузионном и диффузионно-возрастном приближении;
- оценивать изменение изотопного состава ядерного топлива в реакторе, а также в процессе его последующего хранения;

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- необходимым понятийным аппаратом в области ядерной энергетики;
- минимально необходимым математическим аппаратом для численной оценки базовых характеристик ядерного реактора;
- четкими представлениями об основных источниках опасности ядерной энергетики.

Темы и разделы курса:

1. Введение в физику ядерных реакторов

Введение в ядерную энергетику. Взаимодействие нейтронов с веществом. Энергетические интервалы. Реакция деления тяжелых ядер. Основные компоненты ядерного реактора. Преимущества и проблемы ядерной энергетики.

2. Бесконечная размножающая среда. Замедление нейтронов. Коэффициент размножения нейтронов

1. Цепной процесс размножения нейтронов в бесконечной однородной среде. Основные характеристики цепного процесса. Модель сменяющихся поколений. Коэффициент размножения нейтронов. Уравнение Больцмана для бесконечной среды. Балансная формула для коэффициента.

2. Модель последовательных поколений. Эквивалентность двух определений коэффициента размножения нейтронов. Коэффициент размножения для сред с тепловым спектром нейтронов. Формула 4-х сомножителей. размножения.

3. Групповое приближение для спектральных задач. Усреднение групповых констант. Системе многогрупповых уравнений. Решение системы многогрупповых уравнений и определение коэффициента размножения.

4. Замедление нейтронов. Ступенька замедления. Энергетическое распределение рассеянных нейтронов. Понятие латаргии при замедлении. Средне-логарифмическая потеря энергии на один акт рассеяния. Среднее число актов рассеяния до достижения тепловой энергии. Вещества замедлители.

5. Замедление на водороде. Спектр Ферми. Замедление с поглощением. Спектр Вигнера. Вероятность избежать резонансного поглощения на узком изолированном резонансе. Резонансный интеграл. Эффективный резонансный интеграл

3. Ограниченные размножающие среды. Одногрупповое и диффузионно-возрастное приближение. Условие критичности. Нестационарные процессы. Кинетика реактора.

1. Ограниченные размножающие среды. Одногрупповое диффузионное приближение. Граничные условия на границе с вакуумом. Материальный и геометрический параметры. Условие критичности. Аналитическое решение задачи для однородных сред в различных геометриях. Критическая масса и критический объем. Минимальная критическая масса.

2. Реактор с отражателем. Условия сшивки на границе раздела двух сред. Добавка отражателя. Зависимость добавки отражателя от свойств отражателя и его размеров. Альbedo. Граничные условия с использованием альbedo отражателя

3. Диффузия замедляющихся нейтронов. Модель непрерывного замедления. Возраст замедляющихся нейтронов. Уравнение возраста. Диффузионно-возрастное приближение. Многогрупповое диффузионное приближение.

4. Нестационарное одногрупповое приближение. Период релаксации и установившийся период изменения потока нейтронов. Некритический реактор. Эффективный коэффициент размножения для ограниченных сред. Условно-критический реактор. Понятие реактивности.

5. Запаздывающие нейтроны. Групповое представление запаздывающих нейтронов. Нестационарное диффузионное приближение с учетом запаздывающих нейтронов. Уравнение кинетики с одной группой запаздывающих нейтронов. Роль запаздывающих нейтронов в нестационарных процессах.

4. Медленные нестационарные процессы в реакторе, изменение изотопного состава, выгорание и воспроизводство ядерного топлива. Ядерные топливные циклы. Отравление и шлакование реактора.

1. Отравление и шлакование ядерного реактора осколками деления. Ксеноновое отравление в стационарном случае. Нестационарное ксеноновое отравление. Йодная яма. Шлакование реактора самарием. Потеря реактивности после длительной остановки реактора. Выгорание ядерного топлива. Неравномерность выгорания. Метод частичных перегрузок.

2. Изменение нуклидного состава топлива при работе реактора на мощности. Выгорание урана. Накопление плутониевых изотопов. Поглощение нейтронов осколками и продуктами деления. Выгорание ядерного топлива.

3. Запас реактивности на выгорание. Пути повышения выгорания за счет различных схем перегрузки топлива. Частичные и непрерывные перегрузки. Системы компенсации избыточной реактивности при частичных перегрузках.
4. Воспроизводство ядерного топлива в реакторах. Коэффициент воспроизводства. Балансная формула для коэффициента воспроизводства. Реакторы на быстрых нейтронах. Расширенное воспроизводство ядерного топлива. Открытый и замкнутый ядерный топливный цикл.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Термодинамика и статистическая физика

Цель дисциплины:

изучение основ термодинамики и статистической физики.

Задачи дисциплины:

научить вычислять термодинамические характеристики для классических и квантовых систем.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

принципы построения статистической физики и термодинамики.

уметь:

находить термодинамические характеристики различных систем.

владеть:

практическими методами вычисления термодинамических потенциалов.

Темы и разделы курса:

1. Введение: принципы статфизики и связь с термодинамикой.

О принципах статфизики и связь статфизики с термодинамикой.

Принцип равной вероятности и микроканонический ансамбль

Прямой подсчет вероятностей в некоторых системах

2. Контактующие системы, обменивающиеся энергией.

Обмен энергией между контактирующими системами.

Энергия подсистемы при наиболее вероятной конфигурации всей системы в целом.

Появление такой характеристики, как энтропия

3. Температура как характеристика, появляющаяся из вероятностных принципов.

Температура как некоторая величина, одинаковая для контактирующих систем.

Тепло и работа при фиксированном числе частиц.

Закон сохранения энергии как одно из начал термодинамики.

Классические термодинамические циклы

4. Системы с фиксированным и нефиксированным числом частиц.

Различные типы контакта между системами.

Системы (подсистемы) с фиксированным и нефиксированным числом частиц.

Как появляется такая характеристика как химический потенциал.

Вероятность осуществления определенного состояния подсистемы. Фактор Гиббса и фактор Больцмана

5. Основные законы термодинамики.

Утверждения, называемые основными законами термодинамики.

Смысл (и вывод) этих утверждений с точки зрения статфизики.

6. Понятие о статистической сумме.

Понятие о статистической сумме.

Статсумма канонического и большого канонического ансамблей.

Как статсумма связана с термодинамическими потенциалами в ансамблях различного типа.

7. Идеальный классический газ с точки зрения статфизики.

Вычисление статистической суммы идеального классического газа.

Функции распределения идеального классического газа.

Основные уравнения для идеального классического газа из соотношений статистической физики.

8. Квантование и статсумма в квантовой статистике.

Как определяется статсумма в квантовой статистике.

Понятие о матрице плотности в квантовой статистике.

9. Функции распределения квантовых газов.

Вывод функций распределения для квантовых газов невзаимодействующих частиц.

Различные способы такого вывода

Вычисление с помощью найденных функций распределения термодинамических характеристик Ферми и Бозе газов

Отличие их уравнений состояний от классического газа.

10. Явление бозе-конденсации.

Что происходит в Бозе газе при понижении температуры.

Причины появления бозе-конденсации.

Температура Бозе конденсации.

11. Статистика излучения фотонов.

Законы излучения абсолютно черного тела, как частный случай статистики бозе.

Закон Планка.

Вывод законов излучения фотонов.

12. Термодинамика фазовых переходов.

Поведение термодинамических потенциалов при фазовых переходах.

Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.

Что такое фазовые переходы I и II рода.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Термодинамика и статистическая физика

Цель дисциплины:

изучение основ термодинамики и статистической физики.

Задачи дисциплины:

научить вычислять термодинамические характеристики для классических и квантовых систем.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

принципы построения статистической физики и термодинамики.

уметь:

находить термодинамические характеристики различных систем.

владеть:

практическими методами вычисления термодинамических потенциалов.

Темы и разделы курса:

1. Введение: принципы статфизики и связь с термодинамикой.

О принципах статфизики и связь статфизики с термодинамикой.

Принцип равной вероятности и микроканонический ансамбль

Прямой подсчет вероятностей в некоторых системах

2. Контактующие системы, обменивающиеся энергией.

Обмен энергией между контактирующими системами.

Энергия подсистемы при наиболее вероятной конфигурации всей системы в целом.

Появление такой характеристики, как энтропия

3. Температура как характеристика, появляющаяся из вероятностных принципов.

Температура как некоторая величина, одинаковая для контактирующих систем.

Тепло и работа при фиксированном числе частиц.

Закон сохранения энергии как одно из начал термодинамики.

Классические термодинамические циклы

4. Системы с фиксированным и нефиксированным числом частиц.

Различные типы контакта между системами.

Системы (подсистемы) с фиксированным и нефиксированным числом частиц.

Как появляется такая характеристика как химический потенциал.

Вероятность осуществления определенного состояния подсистемы. Фактор Гиббса и фактор Больцмана

5. Основные законы термодинамики.

Утверждения, называемые основными законами термодинамики.

Смысл (и вывод) этих утверждений с точки зрения статфизики.

6. Понятие о статистической сумме.

Понятие о статистической сумме.

Статсумма канонического и большого канонического ансамблей.

Как статсумма связана с термодинамическими потенциалами в ансамблях различного типа.

7. Идеальный классический газ с точки зрения статфизики.

Вычисление статистической суммы идеального классического газа.

Функции распределения идеального классического газа.

Основные уравнения для идеального классического газа из соотношений статистической физики.

8. Квантование и статсумма в квантовой статистике.

Как определяется статсумма в квантовой статистике.

Понятие о матрице плотности в квантовой статистике.

9. Функции распределения квантовых газов.

Вывод функций распределения для квантовых газов невзаимодействующих частиц.

Различные способы такого вывода

Вычисление с помощью найденных функций распределения термодинамических характеристик Ферми и Бозе газов

Отличие их уравнений состояний от классического газа.

10. Явление бозе-конденсации.

Что происходит в Бозе газе при понижении температуры.

Причины появления бозе-конденсации.

Температура Бозе конденсации.

11. Статистика излучения фотонов.

Законы излучения абсолютно черного тела, как частный случай статистики бозе.

Закон Планка.

Вывод законов излучения фотонов.

12. Термодинамика фазовых переходов.

Поведение термодинамических потенциалов при фазовых переходах.

Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.

Что такое фазовые переходы I и II рода.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Техника низких температур

Цель дисциплины:

изучить основные сведения о методах получения низких температур, конструкционных материалах и методах расчета и проектирования низкотемпературных узлов и агрегатов.

Задачи дисциплины:

выработать навыки инженерных расчетов низкотемпературных установок.

изучить физические основы принципов действия ожижителей, криостатов и другого низкотемпературного оборудования.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основы конструирования и эксплуатации низкотемпературных устройств.

уметь:

рассчитывать узлы низкотемпературных установок и криостатов.

владеть:

методами испытания низкотемпературных узлов.

Темы и разделы курса:

1. Теплоизоляция, ожижение газов.

Конструкционные материалы, используемые в низкотемпературной технике.

Применение металлов, сплавов, пластмасс, стекла, композиционных материалов, их механические и теплофизические свойства при низких температурах. Влияние холода на характеристики сварных, паяных, клеевых соединений.

Низкотемпературная теплоизоляция.

Вакуумная изоляция. Газонаполненная и вакуумно-порошковая, экранно-вакуумная и многослойная теплоизоляция.

Методы ожижения газов и холодильные циклы.

Дросселирование и эффект Джоуля-Томсона, инверсионные условия. Изоэнтропическое расширение с использованием детандеров. Цикл Линде и цикл Клода. Диаграммы состояния. Газовый холодильный цикл Стирлинга. Ожижение гелия.

Теплообменная аппаратура.

Определение коэффициента теплоотдачи. Теплопроводность, кон-вективный теплообмен. Теплоотдача при кипении жидкости, пузырьковый и пленочный режимы. Особенности теплообмена в жидком гелии. Граничное сопротивление Капицы. Конструкции теплообменников.

Хранение сжиженных газов.

Сосуды Дьюара для азота и гелия. Основные принципы конструирования. Примеры конструкций современных гелиевых криостатов для исследовательских целей. Преимущества и недостатки конструкций, использующих вспомогательное азотное охлаждение. Безазотные гелиевые криостаты. Использование больших сверхпроводящих соленоидов

2. Методы получения низких температур.

Методы получения температур в интервале 4,2 К - 0,3 К.

Охлаждение путем откачки паров гелия-4 и гелия-3. Типичные конструкции приборов. Принципиальные схемы вакуумного оборудования. Методы получения температур выше 4,2 К.

Рефрижераторы растворения

Диаграмма состояния растворов ^3He - ^4He . Осмотическое давление, Энтальпия ^3He и разбавленных растворов. Основные элементы конструкции и принцип работы рефрижератора. Однократный и непрерывный режим. Расчет непрерывных теплообменников. Использование энтальпийных диаграмм для анализа работы многоступенчатых теплообменников. Предельные параметры рефрижераторов растворения. Рефрижераторы с циркуляцией ^4He . Рефрижераторы с криогенным циклом, использование адсорбционных и конденсационных насосов»

Метод адиабатической кристаллизации ^3He

Эффект Померанчука. Фазовая и энтропийная диаграммы ^3He . Основные термодинамические соотношения. Холодопроизводительность метода и предельная температура. Конструкции кристаллизационных криостатов.

Метод адиабатического размагничивания

Размагничивание парамагнитных солей. Энтропийная диаграмма и основные термодинамические соотношения. Свойства парамагнитных солей. Ядерное размагничивание. Термодинамика метода. Взаимодействие между ядерными спинами и

электронами проводимости. Влияние внешнего теплопритока. Выбор рабочего вещества. Примеры криостатов для ядерного охлаждения.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Техника рентгеновской спектроскопии

Цель дисциплины:

Освоение студентами фундаментальных знаний в области экспериментальных методов и приборов, используемых в научно-исследовательской работе в области оптики и спектроскопии, изучение способов создания лабораторных установок и с их помощью методов исследования физических процессов в конденсированном, газообразном состоянии вещества и плазмы, а также областей их практического применения.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области оптических и спектральных измерений как дисциплины, интегрирующей общефизическую и общетеоретическую подготовку физиков и обеспечивающей технологические основы современных инновационных сфер деятельности;
- обучение студентов принципам создания оптических, лазерных, спектральных и электронно-пучковых устройств, выявление особенностей их функциональных характеристик;
- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области оптических и фотоэлектронных измерений в рамках выполнения работ в лабораториях базовых предприятий;
- приобретение навыков применения полученных знаний в смежных и междисциплинарных научных областях.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики;

порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;

современные проблемы и методы физики и математики;

общие подходы к решению прикладных и теоретических задач физики и техники современного спектрального оборудования.

уметь:

фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики;

порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;

современные проблемы и методы физики и математики;

общие подходы к решению прикладных и теоретических задач физики и техники современного спектрального оборудования.

владеть:

навыками освоения большого объема информации;

навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;

культурой постановки и моделирования физических задач;

навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;

практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;

навыками теоретического анализа реальных задач, связанных с созданием современного спектрального и , прикладных и медицинских исследований.

Темы и разделы курса:

1. Объекты, цели и особенности спектроскопии вакуумного диапазона спектра.

Шкала электромагнитных волн (10 эВ – 10 кэВ, или $1000 \text{ \AA} - 1 \text{ \AA}$). Особенности поддиапазонов вакуумного диапазона спектра. Материалы, отражатели, диспергирующие элементы. Виды фокусирующей оптика. Единицы измерения длины, времени и энергии.

2. Диэлектрическая проницаемость и оптические константы материалов.

Диэлектрическая проницаемость, функция влияния и соотношение Крамерса–Кронига. Атомные факторы рассеяния. Оптические константы материалов. Файлы с атомными факторами рассеяния и сервисы на сайте LBNL. Коэффициенты отражения при нормальном и скользящем падении. Угол ПВО.

3. Вогнутая дифракционная решетка (ДР).

Метод функции оптической длины пути. (ДР). Схема Роуланда скользящего падения. Астигматизм, оптимальная ширина сферической ДР. Монохроматор Сейя–Намиоки. Стигматический монохроматор Хеттрика–Андервуда со сферической ДР.

4. Рентгеновский спектрогелиограф.

Спектрогелиограф по схеме Водсворта (Skylab, NRL). Рентгеновская спектроскопия Солнца и внегалактических источников. Спектрогелиограф скользящего падения с многослойным зеркалом.

5. Лабораторные VLS-спектрометры.

Апериодическая отражательная ДР (VLS-решетка). Спектрограф Харады. Спектрометр Хеттрика–Андервуда с плоской VLS-решеткой. Стигматический спектрометр с фокусирующим многослойным зеркалом (12,5–25 нм).

6. Специализированные VLS-спектрометры.

VLS-спектрометр на КА Extreme UV Explorer. VLS-спектрометры в каналах синхротронного излучения. SXES с электронным микроскопом. RIXS-VLS-спектрометры.

7. Применение пропускающих дифракционных решеток.

Виды пропускающих дифракционных решеток (ПР). Типы поддерживающей структуры свободновисящих ПР. Схемы использования в астрофизике. Миссия AXAF (КА Chandra). Схемы использования в лаборатории.

8. Многослойная рентгеновская оптика.

Метод рекуррентных соотношений. Периодические и апериодические многослойные зеркала (МЗ, АМЗ). МЗ нормального и скользящего падения. МЗ-поляризаторы. Критерии оптимизации АМЗ. Численные методы нахождения структуры АМЗ. Многослойные ДР. Абсорбционные фильтры. Применение МЗ в проекционной EUV-литографии.

9. Кристаллические спектрографы.

Отражение рентгеновского излучения от кристаллов. Условие Брэгга–Вульфа. Кристаллические спектрографы для регистрации рентгеновских спектров (плоский, сферический, схемы Иоганна и Гамоша).

10. Френелевские зонные пластинки, линзы и призмы в рентгеновском диапазоне.

Френелевская зонная пластинка. Отражательная зонная пластинка (RZP). Внеосевая RZP как VLS-Решетка. Простые и составные рентгеновские линзы. Призмный рентгеновский спектрограф.

11. Детекторы рентгеновского излучения.

Детекторы рентгеновского излучения с пространственным разрешением (ПЗС, МКП, LiF и др.). Детектор со скрещенными линиями задержки. Детекторы с временным разрешением. Абсолютные измерения мощности. Ионизационная камера.

12. Заселенности возбужденных состояний ионов в корональной плазме.

Элементарные процессы с участием многозарядных ионов в высокотемпературной плазме. Универсальные соотношения между прямыми и обратными процессами. Корональное приближение. Радиационная матрица Ситона. Ионизационный баланс. Стационарная и нестационарная корональная плазма.

13. Заселенности возбужденных состояний ионов в плазме произвольной плотности.

Плазма произвольной плотности. Нестационарная плазма. Квазистационарное приближение для заселенностей возбужденных состояний. Оптическая толщина в линиях. Спектроскопическая диагностика плазмы.

14. "Традиционные" источники излучения в вакуумной области спектра.

Спектр рентгеновской трубки. Вакуумная искра. Быстрые электрические разряды. Лазерная плазма. Спектроскопия пучок–фольга.

15. Источники когерентного излучения в вакуумной области спектра.

Лазеры на переходах Ne- и Ni-подобных ионов, высокие гармоники лазерного излучения, BISER. Синхротронное и ондуляторное излучение. Лазеры на свободных электронах. Комптоновский источник.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Технологии нанoeлектроники

Цель дисциплины:

Дать студентам бакалавриата базовые представления о современных задачах в области нанотехнологий и методах их решения, основных инструментах используемых в области нанотехнологий для синтеза (изготовления) наноматериалов (наноструктур) и их изучения. Овладение обучающимися базовыми экспериментальными методами исследований природных и искусственных наноматериалов, включая такие материалы как графен, другие двумерные материалы, углеродные нанотрубки, перовскиты, а также различные метаматериалы и искусственные квантовые материалы. В качестве базовых методов исследований наноматериалов в рамках настоящего курса следует выделить оптические методы исследования (оптическую микроскопию, спектрофотометрию, рефлектометрию, спектроскопию, спектральную эллипсометрию, комбинационное рассеяние и гигантское комбинационное рассеяние, сканирующую ближнепольную оптическую микроскопию, спектроскопию поверхностного плазмонного резонанса и др.), атомно-силовую микроскопию, а также рентгеновскую дифрактометрию, электрофизические измерения и ряд других экспериментальных техник.

В рамках лекционного курса будут изучены особенности изготовления наноструктур и техника работы с двумерными материалами (синтез материалов – эксфолиирование и химическое осаждение из газовой фазы, изготовление наноструктур, в том числе с помощью оптической и электронной литографии), а также измерение основных параметров наноматериалов различными физическими методами. Решенные в рамках лекционного курса задачи могут быть адаптированы для исследования свойств новых наноструктур и наноматериалов в дальнейшей исследовательской деятельности студентов. Курс нацелен на развитие творческих навыков постановки перспективных научных задач.

Задачи дисциплины:

Изучение теоретических основ различных физических методов исследования наноматериалов и наноструктур: оптическая микроскопия, спектрофотометрия, рефлектометрия, спектральная эллипсометрия, комбинационное рассеяние и гигантское комбинационное рассеяние, сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия, спектроскопия поверхностного плазмонного резонанса, электрофизические измерения и ряд других экспериментальных техник. Изучение методов синтеза и получения наноматериалов – химическое осаждение двумерных материалов из газовой фазы, молекулярно-пучковая эпитаксия наноматериалов, эксфолиация двумерных материалов, физическое осаждение тонких пленок различных материалов в высоком вакууме, магнетронное распыление и др. Перенос наноматериалов на различные подложки.

Определение наиболее эффективных методов исследований для заданных наноматериалов и наноструктур. Изучение техники безопасности работы с наноматериалами.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные принципы спектроскопии и спектрофотометрии
- основные принципы спектральной эллипсометрии
- основные принципы дальнепольной оптической микроскопии
- основные принципы сканирующей ближнепольной оптической микроскопии
- основные принципы комбинационного рассеяния и гигантского комбинационного рассеяния
- основные принципы спектроскопии поверхностного плазмонного резонанса
- основные принципы оптической рефлектометрии
- основные принципы изготовления образцов (напыление металлических пленок, оптическая литография (фотолитография))
- основные объекты и явления, исследование которых возможно оптическими методами
- технику безопасности и правила работы с научным оборудованием

уметь:

- работать со спектрофотометром
- работать с эллипсометром
- работать со сканирующим ближнепольным оптическим микроскопом
- работать со сканирующим рамановским микроскопом
- работать с фотолюминесцентным микроскопом
- работать с Ван-дер-ваальсовыми материалами. Определять состав, свойства, качество, и количество слоев.
- планировать эксперимент для решения научной задачи с использованием оптических методов.
- собирать, обрабатывать и представлять результаты эксперимента, учитывая возможные ошибки и погрешности

владеть:

- методами анализа и обработки экспериментальных данных.
- навыками представления экспериментальных данных.

-навыками характеристики изготовленных образцов с использованием оптической и ближнепольной микроскопии.

-навыками решения научных задач экспериментальными оптическими методами (комбинационное рассеяние, гигантское комбинационное рассеяние, спектрофотометрия, ближнепольная микроскопия, эллипсометрия и др.).

Темы и разделы курса:

1. Введение в нанотехнологии. Вводные сведения о ключевых нанотехнологических методах.

Обзор методов исследования наноматериалов и наноструктур. Обзор методов синтеза наноматериалов. Обзор методов изготовления наноструктур. Обзор методов работы с двумерными материалами. Центр фотоники и двумерных материалов. Центр коллективного пользования уникальным научным оборудованием в области нанотехнологий (ЦКП МФТИ).

2. Вводные сведения о методах исследования наноматериалов

Оптические и электрофизические методы исследования наноматериалов. Обзор методов оптической спектроскопии, атомно-силовой, сканирующей туннельной, растровой электронной и просвечивающей электронной микроскопии. Методы измерения удельного сопротивления. Четырехзондовый метод измерения удельного сопротивления.

3. Вводные сведения о методах исследования наноструктур

Обзор методов оптической спектроскопии, атомно-силовой, сканирующей туннельной, растровой электронной и просвечивающей электронной микроскопии применительно к исследованию наноструктур. Разрешающая способность методов. Знакомство с экспериментальными методиками, имеющимися в центре фотоники и двумерных материалов.

4. Оптические методы характеристики наноматериалов и наноструктур

Оптическая микроскопия. Спектрофотометрия. Оптическая рефлектометрия. Спектральная эллипсометрия. Спектральная эллипсометрия анизотропных материалов. Фотолюминесцентная микроскопия.

5. Введение в спектроскопию комбинационного рассеяния света

Введение в комбинационное рассеяние света (эффект Рамана). Классическая и квантовая теория. Эмпирические законы комбинационного рассеяния света. Вынужденное комбинационное рассеяние света. Методики рамановской спектроскопии и принципиальная схема Раман-спектрометра.

6. Гигантское комбинационное рассеяние света

Введение в гигантское комбинационное рассеяние света (SERS). Экспериментальные методики получения спектров гигантского комбинационного рассеяния света. Основные характеристики и механизмы эффекта гигантского комбинационного рассеяния света. Применение гигантского комбинационного рассеяния света к изучению биологических молекул.

7. Экспериментальные методы оптической спектроскопии

Оптическая спектроскопия. Спектральный анализ. Спектроскопические методы. Фотоколориметрия. Спектрофотометрия. Фотолюминесцентная спектроскопия. Примеры современных исследований. Методики оптической спектроскопии, имеющимися в центре фотоники и двумерных материалов.

8. Поверхностный плазмонный резонанс. Теория и приложения

Поверхностные электромагнитные волны. Поверхностный плазмонный резонанс. Геометрия Кретчмана и геометрия Отто. Микроскоп на поверхностных электромагнитных волнах. Спектроскопия поверхностного плазмонного резонанса. Чувствительность и ограничения метода. Биосенсоры на основе спектроскопии поверхностного плазмонного резонанса.

9. Сканирующая зондовая микроскопия

Атомно-силовая микроскопия. Сканирующая туннельная микроскопия. Введение в сканирующую ближнепольную оптическую микроскопию. Разрешение сканирующей ближнепольной оптической микроскопии. Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия (безапертурная). Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия (апертурная).

10. Вводные сведения о методах синтеза наноматериалов

Анализ технологий синтеза наноматериалов. Физические методы осаждения материалов в высоком вакууме. Химическое осаждение из газовой фазы. Синтез углеродных нанотрубок, графена и других двумерных материалов. Плазменные методы осаждения материалов (высокочастотный разряд, магнетронное распыление). Электронно-пучковая эпитаксия. Атомно-слоевое осаждение.

11. Вводные сведения о методах изготовления наноструктур

Методы изготовления наноструктур. Оптическая литография. Электронная литография. Центрифугирование. Плазменные методы травления материалов. Локальный анализ, напыление и травление материалов ионным пучком. Изготовление наноструктур травлением ионным пучком. Лазерная нанополимеризация (или двухфотонная полимеризация).

12. Методы работы с двумерными материалами

Техника безопасности работы с двумерными материалами. Методы переноса CVD-графена на различные подложки. Особенности переноса других двумерных материалов на различные подложки. Методы эксфолиации и переноса флейков. Создание ван-дер-ваальсовых гетероструктур.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Технологии суперкомпьютерных вычислений

Цель дисциплины:

Формирование базовых знаний по работе на суперкомпьютерах для дальнейшего использования при решении задачи математического моделирования и обработки данных; формирование информационной культуры и способности применять технологии суперкомпьютерных вычислений на практике.

Задачи дисциплины:

- Формирование у обучающихся базовых знаний по удаленной работе на суперкомпьютерах;
- формирование навыков работы с системами очередей, применяемых на суперкомпьютерах;
- формирование умений и навыков для анализа и визуального представления результатов решения задач математического моделирования и обработки данных.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Принципы работы в bash;
- принципы организации удаленного доступа к вычислительным системам; теорию принципов работы систем управления версиями;
- принципы работы с системами очередей;
- способы обработки информации стандартными пакетами.

уметь:

- Максимально ускорять скорость получения результатов в рамках существующие ограничения системы очередей;
- работать в основных пакетах python по анализу и обработке данных;
- визуализировать различные графики в интерактивном формате;
- визуализировать молекулярные системы с использование различных пакетов.

владеть:

- Одним или несколькими способами автоматической обработки и визуализации данных полученных в результате экспериментов или теоретических расчетов.

Темы и разделы курса:

1. Удаленная работа в bash

Введение в bash. Изучение стандартных команд: awk, grep, find, tail, head, sed. Введение в ssh, scp, rsync. Настраиваем ключи, используем config файл, пробрасываем прокси. Поднимаем свой ssh сервер. Использование ssh в python (Paramiko), создаем класс по взаимодействию с библиотекой paramiko.

2. Использование системы очередей

Введение в Slurm. Принцип работы. Наиболее используемые команды и их аргументы. Команда at для bash.

3. Python для работы с данными

Введение в основные используемые библиотеки: pandas, numpy, Matplotlib, scipy.

4. Системы визуализации данных в Python

Введение в среду Jupyter notebook (Jupyter Lab). Настройка визуализации. Изучаем пакет Plotly для интерактивной визуализации графиков и пакет Nglview для 3-х мерной визуализации частиц внутри jupyter notebook (lab).

5. Системы удаленной обработки данных

Визуализация системы в VMD. Введение в язык tk, используемый для автоматизации VMD. Визуализация системы в ovito. Изучение команд в python.

6. Использование пакетов визуализации молекулярных систем

Визуализация системы в Rmol. Изучение основных команд и создание своих инструментов в нем.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Топология в физике

Цель дисциплины:

Освоение студентами с основных понятий топологии и их практическим применением для задач современной теоретической физики конденсированного состояния.

Задачи дисциплины:

Познакомить студентов с основными понятиями и идеями в этой области, с постановкой задач и подходами к их решениям. Предполагается, что прослушав этот курс, студенты смогут читать и понимать текущую научную периодику в этой области.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные понятия по теме дисциплины.

уметь:

пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования, решать задачи по теме дисциплины.

владеть:

математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

Темы и разделы курса:

1. Топологические структуры в вещественной теории поля
Кинки и солитоны. Теорема об отсутствии солитонов.
2. Топологические решения для теории поля с абелевой калибровочной группой
Вихри в теории Гинзбурга –Ландау.

3. Топологические решения для теории поля с неабелевой калибровочной группой

Скирмион. Топологический заряд как степень отображения.

4. Элементы теории гомотопий

Отображения многообразий. Гомотопные отображения. Гомотопически эквивалентные многообразия. Гомотопические группы.

5. Одномерные модели

SSH модель, спиновая цепочка Китаева. Связь свойств спектра с краевыми состояниями. Устойчивость краевых состояний по отношению к возмущению Гамильтониана.

6. Адиабатическая теория возмущений и фаза Берри

Кривизна Берри и теорема Стока в параметрическом пространстве. Калибровочные свойства кривизны и фазы Берри.

7. Зонная теория

Связь теории линейного отклика с топологическими свойствами зоны Бриллюэна.

8. Топологические изоляторы в двух измерениях

Примеры: Графен и модель Халдейна. Холловская проводимость.

9. Топологические фазы

Краевые состояния на границе топологических фаз. Классификация двумерных топологических изоляторов.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Точнорешаемые модели статистической физики

Цель дисциплины:

Введение в теорию решеточных точно-решаемых двумерных моделей.

Задачи дисциплины:

Введение в математические методы точно решаемых моделей на примере простых решеточных моделей.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные понятия и методы точно-решаемых решеточных моделей.

уметь:

исследовать статсумму и корреляционные функции в простейших решеточных моделях.

владеть:

началами математических методов вычисления статистических сумм, корреляционных функций.

Темы и разделы курса:

1. Основные понятия стат. механики

Основные понятия стат механики. Больцмановские веса. Стат сумма. Фазовые переходы. Скейлинг.

Одномерная модель Изинга. Трансфер матрица. Точное вычисление статистической суммы и одноточечной корреляционной функции

2. Дуальность в модели Изинга на квадратной решетке

Двумерная модель Изинга.

Дуальность высокотемпературной и низкотемпературной фазы для статсуммы.

Дуальность для спиновых операторов, параметр Беспорядка.

Решеточные свободные фермионы и их непрерывный предел.

3. Преобразование Йордана-Вигнера. Фермионы

Трансфер матрица в двумерной модели Изинга. Гамильтониан, операторы, пространство состояний.

Преобразование Йордана-Вигнера.

Метод свободных фермионов.

4. Решение модели Изинга через свободные фермионы.

Модель Изинга через свободные фермионы. Статистическая сумма.

Двухточечная корреляционная функция в термодинамическом пределе

5. Уравнение звезда-треугольник

Дуальность на шестиугольной решетке.

Уравнение звезда-треугольник.

Коммутирующие трансфер матрицы и интегралы движения

Уравнение Янга-Бакстера в IRF форме

Введение в вершинные модели

6. Шестивершинная модель. Уравнение Янга-Бакстера

Модель типа льда

Коммутирующие трансфер матрицы.

Уравнение Янга-Бакстера

R матрица

XXZ Гамильтониан

7. Угловая трансфер матрица

Тета функции. Параметризация весов

Угловая трансфер матрицам

Вычисление одноточечной функции

Алгебры вершинных операторов и квантовое уравнение Книжника-Замолодчикова.

8. Алгебра L операторов. Матрица монодромии

Алгебра Янга-Бакстера $RLL=LLR$.

Предел к группе кос

Предел к квантовым группам

9. Алгебраический анзац Бете

Диагонализация XXZ гамильтониана

Алгебраический анзац Бете

Интегральные уравнения и свободная энергия

10. Координатный анзац Бете. Модель Бозе газа

Модель Бозе газа

Координатный анзац Бете

Магноны, S матрица

11. Координатный анзац Бете. Модель XXX

Координатный анзац Бете для XXX модели

Возбуждения. Матрица рассеяния

12. Координатный анзац Бете. Модель XXZ

XXZ модель в анзаце Бете

Интегральные уравнения.

Свободная энергия

Магноны, матрица рассеяния

13. XXZ модель. Анализ фаз

XXZ модель в различных режимах

Функционал Янга-Янга

Рассеяние и S матрицы

14. Скейлинг

Скейлинговый предел. Переход к функциональному интегралу и КТП

15. Продвинутое вопросы

Продвинутое вопросы решеточных моделей

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Транспортные процессы в газах, жидкостях и плазме

Цель дисциплины:

Целью дисциплины «Транспортные процессы в газах, жидкостях и плазме» является формирование базовых знаний по физическим основам транспортных процессов в различных агрегатных состояниях вещества для дальнейшего использования в других областях физического знания, дисциплинах естественнонаучного содержания и научно-исследовательской работе; формирование научной культуры, исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся базовых знаний по транспортным процессам в различных агрегатных состояниях вещества (газах, жидкостях, и плазме)
- формирование общефизической культуры, понимания основных механизмов транспортных процессов в газах, плазме и конденсированных средах
- формирование умений и навыков применять полученные знания для решения физических задач, самостоятельного анализа полученных результатов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- физические основы транспортных процессов в различных агрегатных состояниях вещества;
- основные модели для описания транспортных процессов в газах, жидкостях и плазме, а также области их применимости;
- характеристики транспортных процессов в простых модельных системах;
- соотношения между коэффициентами переноса в различных фазовых состояниях вещества;

уметь:

- применять различные модели для определения коэффициентов переноса в различных физических системах;
- оценивать коэффициенты переноса в газах, жидкостях и плазме;
- работать с базами данных для определения коэффициентов переноса;

владеть:

- различными приближениями для оценки коэффициентов переноса в модельных и реальных веществах.

Темы и разделы курса:

1. Транспортные процессы в газах. Элементарные кинетические формулы

Понятие о диффузии, вязкости и теплопроводности газов. Элементарные кинетические формулы. t -приближение для транспортных коэффициентов. Броуновское движение. Связь между коэффициентами переноса.

2. Рассеяние в центральном поле. Транспортные сечения и интегралы

Рассеяние в центральном поле. Сечения передачи импульса и энергии. Транспортные интегралы. Рассеяние под малыми углами. Примеры расчета транспортных коэффициентов.

3. Кулоновское рассеяние. Формула Резерфорда. Лоренцева плазма. Транспортные свойства плазмы

Понятие плазмы. Кулоновский потенциал и экранировка. Длина экранирования. Кулоновское рассеяние. Рассеяние под малыми углами. Кулоновский логарифм. Притяжение и отталкивание. Формула Резерфорда. Лоренцева плазма. Транспортные свойства плазмы. Применимость теории кулоновского рассеяния.

4. Транспортные процессы в жидкостном состоянии. Вибрационная модель. Теплопроводность простых жидкостей и соотношение Стокса-Эйнштейна

Область жидкости на фазовой диаграмме. Транспортные процессы в жидкостном состоянии. Безразмерные коэффициенты переноса. Различные теоретические приближения: прыжковая модель, теория свободного объема. Связь коэффициентов переноса с избыточной энтропией. Вибрационная модель. Теплопроводность простых жидкостей и соотношение Стокса-Эйнштейна. Другие универсальные закономерности. Транспортные свойства в модели твердых сфер и в однокомпонентной плазме. База данных REFPROP.

5. Микрочастицы в слабоионизованной плазме (пылевая плазма)

Понятие пылевой плазмы. Примеры применения теории рассеяния в пылевой плазме: зарядка частиц, торможение сферы в разреженном газе, рассеяние электронов и ионов на потенциале частицы, термофорез.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Туннельные эффекты в сверхпроводниках

Цель дисциплины:

освоение студентами фундаментальных знаний в области физики туннельных эффектов в различных типах туннельных структур на основе сверхпроводников, нормальных металлов и изоляторов, а также областей их практического применения.

Задачи дисциплины:

- ознакомление с основными типами туннелирования и твердотельных структур на основе сверхпроводников, нормальных металлов и изоляторов;
- ознакомление с основными теоретическими моделями, предложенными для описания различных туннельных эффектов в твердотельных структурах;
- знакомство с основными современными методами, используемыми для создания различных типов туннельных структур на основе сверхпроводников, изоляторов и нормальных металлов;
- знакомство с основными теоретическими моделями, предложенными для определения энергетических параметров и других свойств сверхпроводников посредством туннельных экспериментов, в том числе многочисленных применений методов туннельной и андреевской спектроскопии для выяснения физической природы сверхпроводимости;
- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области ВТСП, формирование базовых знаний и умений для исследований в рамках выпускных работ на степень магистра.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные понятия, формулы и зависимости теории туннельных эффектов в сверхпроводниках: одночастичное и многочастичное туннелирование, упругое и неупругое туннелирование, резонансное туннелирование, эффект Джозефсона, однократное и многократное андреевское отражение; основы электродинамики джозефсоновских контактов; вид вольтамперных характеристик (ВАХ) и спектров динамической проводимости туннельных контактов различного типа, влияние на них температуры, магнитного поля, симметрии сверхпроводящего параметра порядка.

уметь:

анализировать ВАХ и спектры динамической проводимости туннельных контактов; используя эти данные, определять основные параметры сверхпроводника в рамках существующих теоретических представлений.

владеть:

базовыми понятиями и формулами основных моделей туннелирования контактах на основе сверхпроводников.

Темы и разделы курса:**1. Обзор основных типов туннельных контактов**

Туннелирование в твердых телах. Туннельный эффект в сверхпроводниках. Туннельная плотность состояний. NIS-, NIN-, SIS-контакты, методы их создания. Сканирующий туннельный микроскоп.

2. Феноменологические модели проводимости туннельных контактов. Диаграммы Адкинса

Туннельная плотность состояний. Полупроводниковая модель. Одночастичное, многочастичное и прямое туннелирование. Диаграммы Адкинса. 2π -фононы.

3. Феноменологический подход Живера-Мегерле. Проводимость NIN и NIS-контакта

Вольтамперная характеристика (ВАХ) и динамическая проводимость NIN и NIS-контактов в модели Живера-Мегерле. Влияние температуры на ВАХ и $dI(V)/dV$ -спектр NIN и NIS-контактов. Нормальное сопротивление туннельного контакта.

4. Феноменологический подход Живера-Мегерле. Проводимость SIS-контакта

Вольтамперная характеристика (ВАХ) и динамическая проводимость SIS и S₁IS₂-контактов в модели Живера-Мегерле. Влияние температуры на ВАХ и $dI(V)/dV$ -спектр SIS и S₁IS₂-контактов.

5. Модель Дайнса. Ступеньки Дайема-Мартина

Модель Дайнса. Влияние параметра размытия Γ на ВАХ и динамическую проводимость NIN, NIS и SIS-контакта. Упругое и неупругое туннелирование. Ступеньки Дайема-Мартина. Шарвиновский, диффузионный и термический режимы.

6. Стационарный эффект Джозефсона

Фазовая когерентность. Первое уравнение Джозефсона. Формула Амбегаокара-Баратова. Температурная зависимость критического джозефсоновского тока. Риделевский пик.

7. Нестационарный эффект Джозефсона

Второе уравнение Джозефсона. Влияние СВЧ-излучения на ВАХ SIS-контакта. Ступеньки Шапиро.

8. Джозефсоновский контакт в магнитном поле

Квантование магнитного потока в сверхпроводящем кольце. SIS-контакт в магнитном поле. Фраунгоферовские осцилляции критического джозефсоновского тока. Одноконтактный СКВИД и его механическая модель. Двухконтактный СКВИД. Эффект Мерсеро.

9. Электродинамика джозефсоновского контакта

Волновое уравнение джозефсоновского контакта. Емкость и индуктивность SIS-контакта. Джозефсоновская глубина проникновения. Скорость Свихарта. Плазменная частота. Электрическая глубина контакта. Электрически большие и электрически малые контакты. Джозефсоновские вихри.

10. Резистивная модель SIS-контакта

Резистивная модель SIS-контакта. Параметр Маккамбера-Стюарта. Вольтамперная характеристика контакта с большой емкостью. Вольтамперная характеристика контакта с малой емкостью. Механическая модель SIS-контакта.

11. Размерные резонансы Фиске

Влияние размерных эффектов на ВАХ SIS-контакта. Размерные резонансы Фиске в слабом магнитном поле. Ступеньки нулевого поля.

12. Внутренний эффект Джозефсона

Внутренний эффект Джозефсона. Резонансное туннелирование. Генераторы терагерцевого излучения на внутреннем эффекте Джозефсона. Генераторы 2π -фононов при рекомбинации неравновесных квазичастиц в стопках ВТСП контактов.

13. Андреевское отражение. Модель БТК

Андреевское отражение. Модель Блондера-Тинкхама-Клапвика (БТК). Барьерный параметр Z . Влияние температуры и Z на ВАХ и $dI(V)/dV$ -спектр NIS-контакта. Избыточный андреевский ток NIS-контакта.

14. Многократные андреевские отражения (МАО) в SNS-контакте. Модель ОТБК

Многократные андреевские отражения (МАО). Субгармоническая щелевая структура. ВАХ и $dI(V)/dV$ -спектр SNS-контакта в рамках модели Октавио-Тинкхама-Блондера-Клапвика (ОТБК).

15. Теоретические модели МАО

Обзор теоретических моделей МАО: Аверина-Бардаса, Кюммеля-Гунсенхаймера-Никольского (КГН). ВАХ и $dI(V)/dV$ -спектр SNS-контакта в рамках этих моделей, их зависимость от прозрачности туннельного барьера и баллистического отношения, температуры.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Уравнения математической физики (КВМ)

Цель дисциплины:

- формирование знаний и навыков в области математического моделирования процессов, описываемых уравнениями в частных производных и интегральными уравнениями, для дальнейшего использования в дисциплинах естественнонаучного содержания;
- формирование математической культуры, исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области уравнений математической физики;
- формирование общематематической культуры;
- формирование навыков самостоятельно:
 - 1) ставить математическую задачу,
 - 2) обосновывать корректность постановки;
 - 3) применять алгоритмы поиска решений;
 - 4) анализировать и обосновывать результаты.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- все используемые определения;
- формулировки всех именованных теорем.

уметь:

- воспроизводить доказательства всех именованных теорем;
- решать и обосновывать все типовые задачи.

владеть:

- используемой терминологией;
- используемым математическим аппаратом.

Темы и разделы курса:

1. Линейные операторы в гильбертовом пространстве. Симметричные операторы и их свойства.

Область определения линейного оператора. Плотно определённые операторы. Симметричные операторы, свойства их собственных значений и собственных функций. Симметричные линейные операторы в гильбертовом пространстве, обладающие ортогональным базисом из собственных функций. Замыкание, спектральное разложение и функциональное исчисление таких операторов.

Тензорное произведение двух гильбертовых пространств и построение в нём ортогонального базиса с помощью ортогональных базисов в сомножителях.

Оператор Лапласа в прямоугольнике Π с однородными граничными условиями Дирихле или Неймана как симметричный плотно определённый оператор в $L_2(\Pi)$ Ортогональный базис в $L_2(\Pi)$ из его собственных функций, спектральное разложение замыкания этого оператора.

2. Метод Фурье решения начально-краевых задач. Оператор эволюции.

Начально-краевая задача в гильбертовом пространстве с замкнутым симметричным линейным оператором, обладающим ортогональным базисом из собственных функций, метод Фурье её решения. Начально-краевая задача для уравнений Шрёдингера, теплопроводности и волнового, условия их разрешимости, оператор эволюции.

3. Сопряжённый оператор линейного оператора в гильбертовом пространстве, самосопряжённые операторы.

Сопряжённое гильбертово пространство, теоремы Рисса о проекции и об ортогональном дополнении, теорема Рисса-Фреше. Сопряжённый оператор для линейного оператора в гильбертовом пространстве, его область определения. Теорема Фредгольма о связи множества значений линейного оператора и ядра его сопряжённого. Теорема о связи графиков линейного оператора и его сопряжённого. Замкнутость сопряжённого оператора. Критерий замыкаемости плотно определённого линейного оператора в гильбертовом пространстве. Замыкаемость плотно определённого симметричного оператора. Пример незамыкаемого плотно определённого оператора.

Самосопряжённый линейный оператор в гильбертовом пространстве, его плотная определённость, замкнутость и симметричность. Пример несамосопряжённого замкнутого плотно определённого симметричного оператора. Критерий самосопряжённости замыкания плотно определённого симметричного оператора. Самосопряжённость замыкания симметричного оператора, обладающего ортогональным базисом из собственных функций.

4. Задачи Дирихле в круге и шаре для уравнения Лапласа. Сферические функции.

Формулы Грина для оператора Лапласа в ограниченной области с кусочно-гладкой границей, замыкаемость этого оператора. Неравенство Фридрихса для непрерывно-дифференцируемой функции в выпуклой ограниченной области с кусочно-гладкой границей.

Задача Дирихле в круге уравнения Лапласа, существование и единственность её решения.

Собственные числа и собственные функции оператора Лапласа-Бельтрами на сфере S , сферические функции. Ортогональный базис в пространстве $L_2(S)$ из сферических функций. Задача Дирихле в шаре для уравнения Лапласа, существование и единственность её решения.

5. Спектр линейного оператора в гильбертовом пространстве.

Спектр линейного оператора в гильбертовом пространстве. Вещественность спектра самосопряжённого оператора. Критерий принадлежности вещественного числа спектру самосопряжённого оператора. Непустота спектра непрерывного линейного оператора в гильбертовом пространстве.

Теорема о спектральном радиусе непрерывного самосопряжённого оператора в гильбертовом пространстве.

6. Компактные самосопряжённые операторы в гильбертовом пространстве.

Компактные самосопряжённые операторы в гильбертовом пространстве. Теорема о спектре компактного самосопряжённого оператора. Теорема Гильберта-Шмидта. Резольвента компактного самосопряжённого оператора.

7. Оператора Лапласа в круговом секторе или круге при однородных граничных условиях. Функции Бесселя.

Собственные числа и собственные функции оператора Лапласа в круговом секторе или круге при однородных граничных условиях. Функции Бесселя и свойство их ортогональности. Свойства нулей функций Бесселя.

8. Метод Фурье решения задачи о колебаниях закреплённой круглой мембраны.

Ортогональный базис в пространстве $L_2(K)$ из собственных функций оператора Лапласа в круговом секторе или круге K при однородных граничных условиях. Спектральное разложение замыкания этого оператора. Постановка задачи о колебаниях закреплённой круглой мембраны и её решение методом Фурье.

9. Метод характеристик решения классических задач Коши и Гурса гиперболического уравнения на плоскости.

Классические линейные уравнения в частных производных второго порядка, их преобразование с помощью гладкой замены переменных. Гиперболические уравнения и понятие их характеристической поверхности. Преобразование гиперболического уравнения второго порядка с двумя независимыми переменными с помощью характеристической замены. Постановка классических задач Коши и Гурса для гиперболического в области уравнения второго порядка с двумя независимыми переменными. Теоремы о существовании единственного решения этих задач.

10. Классическая задача Коши для волнового уравнения и уравнения теплопроводности.

Классическая задача Коши для волнового уравнения в пространстве произвольной размерности. Теорема единственности решения этой задачи. Классическая задача Коши для уравнения теплопроводности в пространстве произвольной размерности. Принцип максимума и теорема единственности решения этой задачи в классе ограниченных функций.

Решение классической задачи Коши для уравнения колебаний струны, формула Даламбера и принцип Дюамеля. Смешанная задача для полубесконечной струны. Условия согласования начальных и граничных данных для существования классического решения.

11. Элементы теории обобщённых функций Л.Шварца. Обобщённое решение линейного уравнения в частных производных.

Пространства Л.Шварца основных и обобщённых функций. Обобщённое дифференцирование и его корректность по отношению к дифференцированию классическому. Обобщённое решение линейного дифференциального уравнения в частных производных и его корректность по отношению к классическому решению на произвольном открытом множестве. Обобщённое преобразование Фурье и свёртка обобщённых функций, и их свойства, связанные с обобщённым дифференцированием.

12. Функции Грина линейных дифференциальных операторов в частных производных.

Функция Грина (или фундаментальное решение) линейного дифференциального оператора. Вычисление обобщённого решения линейного дифференциального уравнения в частных производных с помощью функции Грина. Вычисление функции Грина с помощью обобщённого преобразования Фурье. Достаточное условие существования единственной функции Грина. Вычисление методом регуляризации функций Грина операторов Лапласа, Гельмгольца, Даламбера, Шрёдингера. Обобщённое решение уравнения Пуассона с абсолютно интегрируемым источником, формула Пуассона. Обобщённое решение волнового уравнения с источником медленного роста, запаздывающий потенциал.

13. Обобщённая задача Коши для линейных дифференциальных уравнений в частных производных.

Обобщённая постановка задачи Коши для линейного дифференциального уравнения в частных производных с постоянными коэффициентами. Корректность решения обобщённой задачи Коши по отношению к решению классической задачи. Обобщённая задача Коши для волнового уравнения, формулы Даламбера и Кирхгофа решения этой задачи соответственно на оси и в трёхмерном пространстве. Фундаментальное решение уравнения теплопроводности, обобщённая задача Коши для уравнения теплопроводности и формула Пуассона решения этой задачи.

14. Интегральные операторы и интегральные уравнения.

Интегральные операторы в гильбертовом пространстве $L_2(K)$ для компакта K из R_m . Компактность интегрального оператора. Интегральный самосопряжённый оператор в $L_2(K)$, ортогональный базис в $L_2(K)$ из его собственных функций. Резольвента интегрального самосопряжённого оператора в $L_2(K)$. Решение интегрального уравнения Фредгольма в $L_2(K)$ с интегральным самосопряжённым оператором.

15. Оператор и задача Штурм-Лиувилля.

Симметричный оператор Штурма--Лиувилля и критерий его обратимости. Замыкание оператора, обратного к оператору Штурма-Лиувилля, как самосопряжённый компактный оператор. Теорема Стеклова. Задача Штурм-Лиувилля и её решение методом Фурье.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Уравнения математической физики (станд.)

Цель дисциплины:

изучение корректных постановок краевых задач для основных дифференциальных уравнений с частными производными, освоение аналитических методов решения этих краевых задач и их приложение к задачам гидродинамики, аэродинамики, теории теплопроводности и др.

Задачи дисциплины:

- изучение различных типов дифференциальных уравнений с частными производными и свойств решений краевых задач для этих уравнений, характерных для каждого типа;
- изучение корректных постановок краевых задач для дифференциальных уравнений с частными производными разного типа;
- овладение аналитическими методами решения краевых задач для дифференциальных уравнений с частными производными.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные типы дифференциальных уравнений в частных производных;
- определение характеристической поверхности;
- основные краевые задачи для уравнений гиперболического типа, параболического типа, эллиптического типа;
- формулы Даламбера, Пуассона, Кирхгофа решения задачи Коши для волнового уравнения;
- формулу Пуассона решения задачи Коши для уравнения теплопроводности;
- метод интеграла энергии для волнового уравнения и принцип максимума для параболического уравнения;
- метод Фурье решения смешанных задач для уравнения теплопроводности и волнового уравнения;
- гармонические функции и их свойства;

- формулу Пуассона решения задачи Дирихле для уравнения Лапласа в шаре;
- основные свойства оператора Лапласа при однородных краевых условиях;
- интегральные уравнения Фредгольма второго рода со слабо полярными ядрами, теоремы Фредгольма.

уметь:

- определять тип дифференциальных уравнений с частными производными; приводить уравнения 2-го порядка к каноническому виду;
- решать методом характеристик краевые задачи на плоскости (задачи Коши и Гурса);
- решать задачи Коши для волнового уравнения;
- решать смешанные задачи для полубесконечной струны;
- решать задачи Коши для уравнения теплопроводности;
- применять метод Фурье при решении смешанных задач для волнового уравнения и уравнения теплопроводности; применять функции Бесселя при решении задач для круговых областей;
- использовать метод Фурье при решении краевых задач для эллиптических уравнений, применять сферические функции при решении задач для областей со сферической симметрией;
- строить функцию Грина задачи Дирихле для простейших областей и использовать ее при решении конкретных задач;
- решать интегральные уравнения Фредгольма второго рода с вырожденными ядрами;
- сводить к интегральному уравнению краевую задачу с помощью функции Грина для соответствующего дифференциального оператора;
- вычислять значения объёмных потенциалов, потенциалов простого слоя и двойного слоя, использовать их при решении краевых задач.

владеть:

- методами и подходами теории уравнений с частными производными, применяемыми при решении задач гидродинамики, аэродинамики, физики, теоретической физики, экономики и др.;
- знаниями, приобретенными при изучении курса уравнений математической физики, позволяющими корректно формулировать краевые задачи при математическом моделировании процессов или объектов в различных областях науки и техники.

Темы и разделы курса:

1. Приведение к каноническому виду дифференциальных уравнений с частными производными второго порядка с линейной старшей частью. Классификация уравнений. Задача Коши, метод характеристик.

Вывод некоторых уравнений математической физики. Приведение к каноническому виду в точке дифференциальных уравнений с частными производными второго порядка от n независимых переменных с линейной старшей частью. Классификация уравнений. Понятие о задаче Коши и характеристической поверхности. Приведение уравнений второго порядка к каноническому виду на плоскости. Понятие о методе характеристик.

2. Волновое уравнение 1.

Общее решение однородного волнового уравнения. Постановка и решение задачи Коши. Формула Даламбера. Область зависимости решения задачи Коши от начальных данных. Пример Адамара некорректной задачи (задача Коши для уравнения Лапласа). Понятие об обобщенном (негладком) решении.

Постановка и решение смешанной задачи для смешанной задачи для полубесконечной струны с закреплённым концом. Условия согласования начальных и граничного данных.

3. Волновое уравнение 2.

Формулы Пуассона-Кирхгофа решения задачи Коши для однородного волнового уравнения. Принцип Гюйгенса. Метод Дюамеля решения задачи Коши для неоднородного волнового уравнения. Общая формула Кирхгофа. Задача Коши для волнового уравнения. Метод спуска. Формула Пуассона. Диффузия волн. Единственность классического решения задачи Коши (метод интеграла энергии).

4. Задача Коши для уравнения теплопроводности.

Задача Коши для уравнения теплопроводности.

Постановка задачи Коши. Формула Пуассона решения задачи Коши для однородного уравнения теплопроводности, бесконечная дифференцируемость решений. Фундаментальное решение. Метод Дюамеля для неоднородного уравнения. Принцип максимума для параболического уравнения. Единственность классического решения задачи Коши, её корректность.

5. Начальные сведения об операторе Лапласа и о задаче на собственные значения при однородных краевых условиях.

Начальные сведения об операторе Лапласа и о задаче на собственные значения при однородных краевых условиях.

Формулы Грина для оператора Лапласа. Постановка краевых задач Дирихле и Неймана для уравнения Пуассона в ограниченной области. Необходимое условие разрешимости задачи Неймана. Симметричность и положительность оператора « Δ » с однородными условиями Дирихле. Задача на собственные значения. Вещественность и положительность собственных значений. Ортогональность собственных функций.

6. Задача Дирихле для уравнения Лапласа в круге.

Задача Дирихле для уравнения Лапласа в круге.

Построение формального решения задачи Дирихле методом Фурье. Бесконечная дифференцируемость решения в области, разложение его по гармоническим многочленам в случае уравнения Лапласа. Интеграл Пуассона. Существование классического решения задачи Дирихле для уравнения Лапласа в круге при непрерывной граничной функции.

7. Смешанная задача для уравнения теплопроводности на отрезке. Метод Фурье.

Смешанная задача для уравнения теплопроводности на отрезке. Метод Фурье.

Постановка смешанной задачи на конечном отрезке с граничными условиями Дирихле, единственность решения. Метод разделения переменных для задачи с однородными граничными условиями. Построение формального решения для случаев однородного и неоднородного уравнений. Обоснование метода Фурье. Условия согласования начального и граничных условий. Решение смешанной задачи при неоднородных граничных условиях.

8. Смешанная задача для уравнения колебаний струны на отрезке.

Смешанная задача для уравнения колебаний струны на отрезке.

Постановка смешанной задачи для струны с закреплёнными концами. Единственность её решения (метод интеграла энергии). Построение формального решения методом Фурье (случаи однородного и неоднородного уравнений). Обоснование метода, условия согласования. Существование классического решения.

9. Функции Бесселя и их применение к решению задач на собственные значения для круглой мембраны.

Функции Бесселя и их применение к решению задач на собственные значения для круглой мембраны.

Задача на собственные значения и собственные функции для оператора Лапласа в круге при однородном краевом условии Дирихле. Разделение переменных. Дифференциальное уравнение Бесселя. Функции Бесселя первого рода и их свойства. Функции Бесселя, неограниченные в нуле. Выражение для собственных функций и собственных значений круглой мембраны с закреплёнными краями через функции Бесселя. Ортогональность собственных функций и функций Бесселя. Полнота системы собственных функций (без доказательства).

10. Уравнения Лапласа и Пуассона.

Уравнения Лапласа и Пуассона.

Интегральное представление решений уравнений Пуассона и Лапласа в ограниченной области.

Пространство основных функций. Понятие сходимости последовательности функций. Пространство обобщённых функций. Локально интегрируемые функции и регулярные обобщённые функции. Дифференцирование обобщённых функций. Фундаментальное решение уравнения Лапласа.

Гармонические функции в \mathbb{R}^n и их свойства. Бесконечная дифференцируемость гармонических функций. Теорема о среднем Принцип максимума и минимума.

Задача Дирихле для уравнения Пуассона, единственность классического решения. Функция Грина задачи Дирихле, решение задачи Дирихле с помощью функции Грина. Симметричность функции Грина (без доказательства). Функция Грина для шара. Формула Пуассона решения задачи Дирихле для уравнения Лапласа в шаре. Теорема Лиувилля, теорема об устранимой особенности для гармонических функций. Преобразование Кельвина. Регулярность поведения гармонической функции на бесконечности.

Постановка внешних краевых задач Дирихле и Неймана для уравнения Лапласа. Единственность решения внешних задач Дирихле и Неймана.

11. Метод разделения переменных в сферических координатах для уравнения Лапласа в \mathbb{R}^3 . Сферические функции.

Метод разделения переменных в сферических координатах для уравнения Лапласа. Сферические функции.

Уравнение Лапласа в сферических координатах. Сферические функции как собственные функции оператора Лапласа-Бельтрами на единичной сфере S^2 . Шаровые функции (гармонические многочлены). Собственные значения оператора Лапласа-Бельтрами. Дифференциальное уравнение Лежандра. Полиномы Лежандра и присоединённые функции Лежандра. Выражение сферических функций в сферической системе координат.

Ортогональность и полнота (без доказательства) сферических функций. Решение задач Дирихле и Неймана в шаре и шаровом слое в форме рядов по шаровым функциям.

12. Интегральные уравнения.

Интегральные уравнения.

Интегральные уравнения Фредгольма второго рода. Непрерывность интегральных операторов с непрерывными и полярными ядрами в пространстве $C(X)$. Союзное уравнение. Характеристические числа и собственные функции интегрального оператора.

Уравнения с вырожденными ядрами. Сведение их к системе линейных алгебраических уравнений. Теоремы Фредгольма в этом случае. Уравнения с непрерывными и полярными ядрами. Уравнение с малым по норме оператором. Ряд Неймана.

Сведение уравнений с полярными ядрами к уравнениям с вырожденными ядрами. Теоремы Фредгольма в общем случае.

Уравнения с эрмитовыми ядрами. Симметричность интегрального оператора с эрмитовым ядром. Теорема о существовании характеристических чисел. Теорема Гильберта-Шмидта для уравнений с непрерывными эрмитовыми ядрами.

13. Задача Штурма-Лиувилля.

Задача Штурма-Лиувилля.

Функция Грина задачи Штурма-Лиувилля; её существование, симметричность, непрерывность. Сведение задачи Штурма-Лиувилля к интегральному уравнению с эрмитовым ядром. Свойства спектра и собственных функций. Теорема Стеклова.

14. Потенциалы.

Потенциалы.

Объёмный потенциал и его свойства. Потенциал простого слоя, его непрерывность. Потенциал двойного слоя. Формула Гаусса, скачок потенциала двойного слоя при переходе через поверхность. Правильная нормальная производная потенциала простого слоя, формула скачка.

Сведение задач Дирихле и Неймана для уравнения Лапласа посредством потенциалов к интегральным уравнениям Фредгольма второго рода на границе. Однозначная разрешимость внутренней задачи Дирихле и внешней задачи Неймана.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Уравнения математической физики (ФТН)

Цель дисциплины:

Курс «Уравнения математической физики» нацелен на обучение математической дисциплине и ее прикладным аспектам, необходимым студентам факультета общей и прикладной физики, которые планируют научную работу в своей сфере.

Задачи дисциплины:

1. обучить формальным определениям основных базовых объектов, относящихся к уравнениям в частных производных, теории операторов в гильбертовом пространстве, группам симметрии и интегральным уравнениям;
2. установить связь между физическим явлением и описывающим его дифференциальным или интегральным уравнением (Трек 1);
3. научить основным техникам работы с разложением по собственным функциям линейных дифференциальных и интегральных операторов;
4. обучить решению основных эволюционных задач математической физики;
5. научить выявлять и использовать симметрии физических и формальных задач для их эффективного решения;
6. обучить современным подходам к анализу поведения решений нелинейных уравнений математической физики, имеющих реальное физическое значение.
7. научить операторным методам, основанным на теории групп Ли, для решения эволюционных задач, возникающих в квантовой механике и статистической физике
8. обучить применению теории представлений групп Ли и конечных групп для диагонализации операторов, встречающихся в квантовой теории

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- формальные определения основных объектов теории уравнений в частных производных математической физики
- формулировки и доказательства основных теорем теории уравнений в частных производных математической физики

уметь:

- применять на практике полученные знания и навыки

владеть:

- основными инструментами теории уравнений в частных производных, и методами конкретного решения этих уравнений

Темы и разделы курса:

1. Линейные уравнения первого порядка. Метод характеристик.

1.1 Уравнение первого порядка. Задача Коши. Функция Грина, дельта-функция. Общие свойства решения уравнения с правой частью. Уравнения порядка выше первого. Задача Коши. Функция Грина, ее нахождение при помощи преобразования Лапласа. Общие свойства решения уравнения с правой частью. Матричное уравнение первого порядка. Задача Коши, функция Грина. Решение уравнения с помощью диагонализации матрицы. Особенности решения для матриц Жордана.

2. Методы преобразования Лапласа и Фурье и функции Грина для основных эволюционных уравнений математической физики.

2.1. Одномерная граничная задача. Оператор Штурма-Лиувилля. Функция Грина, ее построение через левое и правое решения, Вронскиан. Периодические граничные условия.

2.2. Уравнения Лапласа, Гельмгольца и Дебая. Функции Грина в неограниченном пространстве. Общие свойства решений этих уравнений с правой частью. Задачи для ограниченной области. Решение уравнения Шрёдингера в Кулоновском потенциале при помощи преобразования Лапласа. Аналитические свойства, связанные состояния.

2.3. Уравнения диффузии и уравнение Шрёдингера для свободной частицы. Функция Грина, ее вычисление при помощи преобразования Фурье. Общие свойства решений задачи Коши и уравнения с правой частью.

3. Операторы в гильбертовом пространстве, разложение по собственным функциям, обращение.

3.1. Операторы в гильбертовом пространстве, разложение по собственным функциям, обращение.

3.2. Уравнения волнового типа. Закон дисперсии. Уравнение на огибающую, групповая скорость и дисперсия.

4. Основные специальные функции математической физики, элементы теории Фукса, гипергеометрическая функция.

4.1. Гамма-функция Эйлера. Основные соотношения, связь с Бета-функцией. Аналитические свойства Гамма-функции.

4.2. Функции Эйри, как решения уравнения Эйри. Представление функций Эйри в виде контурного интеграла (метод Лапласа). Асимптотическое поведение функций Эйри (метод перевала и метод стационарной фазы, связь с представлением WKBJ). Функции Бесселя. Производящий функционал. Уравнение для функций Бесселя. Рекуррентные соотношения. Аналитические свойства функций Бесселя. Асимптотическое поведение функций Бесселя. Разложение по функциям Бесселя.

4.3. Полиномы Лежандра. Производящая функция, дифференциальное уравнение. Рекуррентные соотношения. Интегральное представление. Асимптотическое поведение. Разложение по полиномам Лежандра. Полиномы Эрмита. Производящая функция, дифференциальное уравнение. Рекуррентные соотношения. Интегральное представление. Асимптотическое поведение. Разложение по полиномам Эрмита

4.4. Вырожденная гипергеометрическая функция. Дифференциальное уравнение, разложение в ряд, основные соотношения. Интегральное представление, асимптотическое поведение.

5. Квазилинейные и нелинейные уравнения первого порядка в частных производных. Уравнение Бюргерса.

5.1. Квазилинейные дифференциальные уравнения. Метод характеристик. Уравнение Хопфа, общие свойства его решения. Уравнение Хопфа с правой частью. Уравнение Бюргерса. Общие свойства решения уравнения Бюргерса, структура шока. Преобразование Коула-Хопфа: решение задачи Коши для уравнения Бюргерса.

6. Интегрируемые нелинейные уравнения математической физики. Солитоны и коллапсы.

6.1. Уравнение Кортевега-де-Фриза. Волновой предел. Солитонные решения. Понятие о высших интегралах движения. Уравнение синус-Гордон. Волновой предел. Солитонные решения, кинки и антикинки. Понятие о высших интегралах движения. Нелинейное уравнение Шрёдингера. Нётеровские интегралы движения. Коллапс, анализ Таланова. Одномерное нелинейное уравнение Шрёдингера. Волновой предел. Солитонные решения.

7. Симметрии основных уравнений математической физики и их следствия.

7.1. Группы симметрии гамильтониана, их роль в формировании спектра, понятие о неприводимом представлении. Неприводимые представления конечных групп. Простые конечные подгруппы группы вращений.

8. Конечные группы симметрии. Элементы теории групп.

8.1. Линейные представления конечных групп. Симметрии операторов и их роль в спектре.

9. Непрерывные группы симметрии, группы и алгебры Ли, представления группы вращений трехмерного пространства.

9.1. Группы и алгебры Ли, формула Бейкера-Кэмпбелла-Хаусдорфа. Группа вращений трехмерного пространства, построение неприводимых представлений, разложение тензорного произведения представлений на неприводимые (сложение моментов).

Расщепление вырожденных уровней гамильтониана при понижении симметрии, симметричная классификация колебаний в молекулах и кристаллах.

10. Интегральные уравнения. Теория Фредгольма. Методы интегральных преобразований.

10.1. Интегральные уравнения: вырожденные ядра и уравнения типа свертки. Задачи на собственные значения; теория возмущений и элементы теории Фредгольма.

11. Метод Винера-Хопфа. Сингулярные интегральные уравнения.

11.1. Полубесконечный интервал интегрирования: метод Винера-Хопфа. Дисперсионные соотношения; элементарные сингулярные уравнения.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Устройства для литографии

Цель дисциплины:

Адаптировать знания и навыки, полученные в курсе общей физики, к конкретным профессиональным задачам на примере использования фундаментальных знаний по электромагнитным и оптическим явлениям в литографических технологиях наноструктур и устройств на их основе.

Задачи дисциплины:

расширить научный кругозор учащихся;

научить использованию известных им количественных соотношений для оценок и расчетов при решении реальных нанотехнологических задач;

развить навыки обращения с неточно решаемыми задачами, преодоления неопределенностей при выборе параметров для литографического конструирования сложных объектов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Основные критерии выбора литографических технологий для задач конструирования конкретных наноструктур и устройств на их основе.

уметь:

Проводить оптимизацию технологических параметров для литографии.

владеть:

Навыками анализа предшествующего нанотехнологического опыта и соответствующей научной и патентной литературы.

Темы и разделы курса:

1. УФ-литография.

Принципы и ограничения, лежащие в основе технологии и процессов оптической нанолитографии. Состав и основные принципы построения комплекса современного оборудования. Лампы, отражатели, конденсорные линзы. Фотошаблоны и важнейшие требования к материалам для них. Типичные позитивные и негативные фоторезисты, их контрастность и разрешающая способность. Экспонирование и его основные параметры. Контактная, бесконтактная и проекционная фотолитография. Совмещение при экспонировании, реперные знаки. Процессы проявления резистов. Травление резистов, проблемы адгезии, боковое подтравливание. Предельные возможности УФ-литографии.

2. Электронная литография.

Основные электронно-оптические элементы. Способы генерации электронных пучков и характеристики пучков, роль вакуума, устройство колонны, катоды. Фокусировка пучка, электромагнитные линзы. Оптимизация электронного литографа для обеспечения максимальной производительности и разрешающей способности. Динамическая фокусировка. Корректирующая абберация. Механический привод рабочего стола (пьезоэлементы, лазерный контроль перемещений). Камеры и шлюзы. Детектирование электронов, сцинтиляционные фотоумножители. Разрешающая способность электронного литографа и способы ее повышения. Электронные резисты, их чувствительность и контрастность. Дозовые кривые и дозовые тесты. Эффекты близости в электронной литографии.

3. Рентгеновская литография.

Влияние специфики рентгеновского диапазона длин волн на форму оптических элементов. Зонные пластинки Френеля и их дифракционная эффективность. Стеки зонных пластинок. Голографический конденсоры. Направления развития дифракционной рентгеновской оптики. Моделирование распределения интенсивности дифрагированного излучения. Рентгеновские микроскопы и тест-объекты для них. Интерференционный рентгеновский микроскоп. Важнейшие приложения рентгеновской литографии и задачи, для которых эта технология единственно возможна.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Феноменология в физике высоких энергий

Цель дисциплины:

Как можно быстрее подвести студентов к освоению стандартной модели фундаментальных взаимодействий, создать надежный базис для самостоятельного изучения избранных вопросов. Важнейшей особенностью курса является тесное взаимодействие теории, феноменологии и эксперимента.

Задачи дисциплины:

Дать представление о свойствах элементарных частиц, методах исследований фундаментальных взаимодействий, современных проблемах в этой бурно развивающейся области физики, научить студентов решать типовые задачи.

Курс рассчитан на студентов, специализирующихся в физике высоких энергий. Для усвоения курса студенты должны быть знакомы с основами квантовой электродинамики, квантовомеханической теорией рассеяния, теорией групп и с основными экспериментальными методами регистрации частиц и излучений.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Основные результаты и методы исследований в физике высоких энергий

уметь:

Усваивать экспериментальные результаты по ФВЭ, представленные в современных научных публикациях

владеть:

Методами экспериментальных исследований в ФВЭ

Темы и разделы курса:

1. Уравнение Дирака

Волновая функция частиц со спином $\frac{1}{2}$. Частицы и античастицы. Лагранжиан КЭД. Калибровочная инвариантность. Высшие порядки в КЭД. Лэмбовский сдвиг. Эволюция α_e с q^2 . Вклад адронов в α_e . Аномальный магнитный момент мюона. Измерение аномального магнитного момента мюона

2. Непрерывные и дискретные симметрии

Непрерывные симметрии, теорема Нетер, сохранение E , P , M . Дискретные симметрии, CPT-теорема, Тождественность частиц. Связь спина и статистики. Комбинированная четность. Изотопическая симметрия, G-четность. Примеры запрещенных и разрешенных реакций.

3. Электромагнитные свойства адронов

Кварковая модель, относительные ширины распадов $V \rightarrow l+l^-$ в кварковой модели. Относительные ширины распадов $V \rightarrow P \gamma$ в кварковой модели. Модель доминантности векторных мезонов. Реакции Примакова. Приближение эквивалентных фотонов

4. Лагранжиан КХД

Локальное преобразование $SU(3)_c$. Восемь безмассовых глюонов. Самодействие глюонов. Неабелевость. Лагранжиан КХД. Эволюция α_s с q^2 . Асимптотическая свобода. Конфайнмент. Кварки, эксперименты по поиску кварков.

5. Систематика адронов

Кварковая модель, $SU(3)$ -симметрия. Мезоны, барионы, тяжелый кварконий. Глюболы, гибриды, многокварковые адроны

6. Универсальность слабого взаимодействия

β -распад. Распады лептонов. Нарушение P-четности. Взаимодействие ток*ток. Фермиевская константа. Лагранжиан слабого взаимодействия. Распад мюона. Распады адронов. Универсальность заряженного тока. Сохранение векторного тока.

7. Структура слабых взаимодействий при низких энергиях

Взаимодействие ток×ток. Фермиевская константа. Левые заряженные токи. Спиральность нейтрино. Нейтральный ток. Распад мюона. Амплитуда распада. Преобразования Фирца. Качественное обсуждение Эксперименты по исследованию распада мюона.

8. Распады пиона

Угол Кабиббо. Матрица СКМ. Сохранение векторного тока. Распад $\pi \rightarrow l \nu$. Распад $\pi^+ \rightarrow \pi^0 e \nu$. Эксперименты по исследованию распада пиона.

9. β -распад нейтрона

Общий вид векторного и аксиального токов. Векторные формфакторы. Аксиальные формфакторы. Частичное сохранение аксиального тока. Эксперименты по исследованию распада нейтрона.

10. Распады каонов

Правило $\Delta Q = \Delta S$. Правило $|\Delta S| = 1$. Распады K_{l2} , K_{l3} , K_{l4} . Нелептонные распады. $\Delta T = 1/2$, распады гиперонов. Установки и эксперименты.

11. Нейтральные каоны

Переходы $K_0 \leftrightarrow \bar{K}_0$. Разность масс K_1 и K_2 . Осцилляции странности. Механизм ГИМ. Регенерация. Распады $K_1 \rightarrow \pi^+ \pi^-$. Феноменология нарушения CP. Эксперименты по исследованию нарушения CP-инвариантности в распадах каонов. Редкие распады каонов.

Установки и эксперименты.

12. Распады тяжелых кварков и лептонов

Мезоны с d и b- кварками. Лептонные распады. Нелептонные распады. t- кварк, t-лептон. Лептонные распады. Полуадронные распады. Установки и эксперименты.

13. Несохранение CP-четности в распадах тяжелых кварков

Измерение констант V_{ij} . Треугольник СКМ. Осцилляции $D_0 \leftrightarrow \bar{D}_0$, $B_0 \leftrightarrow \bar{B}_0$, $B_s \leftrightarrow \bar{B}_s$. Измерение угла в распаде $B \rightarrow J/\psi K_0$. Пингвинные графики. Установки и эксперименты

14. Редкие распады

FCNC, $K \rightarrow \pi \nu \nu$, $\mu \rightarrow e \gamma$, $\mu \rightarrow 3e$. Модели и эксперименты.

15. Электрический дипольный момент

Нарушение CP-четности в КХД. Электрический дипольный момент нейтрона. Аксион. ЭДМ заряженных частиц.

16. Нейтринные взаимодействия

Нейтрино дираковские и майорановские. Взаимодействие нейтрино с электроном.

Взаимодействие нейтрино с нуклонами. Эксперименты по прямому измерению массы нейтрино.

17. Осцилляции нейтрино

Осцилляции для системы из двух нейтрино. Общий вид матрицы смешивания для трех нейтрино. Взаимодействие с веществом. Эффект МСВ. Эксперименты по наблюдению осцилляций. Параметры матрицы смешивания.

18. Двойной β -распад

Феноменология двойного β -распада и безнейтринного двойного β -распада. Эксперименты по двойному β -распаду. Ограничения на массы нейтрино и параметры смешивания.

19. Правые нейтрино, стерильные нейтрино

Экспериментальные указания на возможное существование стерильных нейтрино. Эксперименты по поиску стерильных нейтрино.

20. Механизмы «качелей». Нейтрино в астрофизике

Масса нейтрино – эффект BSM. Три механизма генерации масс нейтрино. Проблема барионной асимметрии Вселенной и «лептогенезис».

21. Очень слабо взаимодействующие частицы

Зачем нужны “feebly interactive particles” (FIP). Модели FIP. Поиски FIP на ускорителях, коллайдерах, в лабораторных экспериментах, в астрофизических наблюдениях.

22. Механизм Хиггса

Проблемы модели Ферми. Калибровочные теории. Локальная абелева симметрия. Голдстоуновский бозон. Локальная SU(2)-симметрия. Спонтанное нарушение локальной SU(2)-симметрии. Хиггсовский бозон.

23. Лагранжиан стандартной модели

Девять членов лагранжиана. Угол Вайнберга. Параметр ρ

24. Свойства Z, W

Массы W и Z – бозонов. Слабые заряды нейтральных токов. Массы лептонов и кварков. Рождение промежуточных бозонов в адронных взаимодействиях. Рождение Z-бозонов в e^+e^- взаимодействиях. Массы, ширины, вероятности распадов. Эксперименты по измерению параметров W и Z-бозонов. Три поколения.

25. Свойства H бозонов

Ограничения на массу хиггсовского бозона. Роль хиггсовского бозона при высоких энергиях. Взаимодействие H-бозона с кварками. Взаимодействие H-бозона с глюонами и фотонами. Открытие хиггсовского бозона.

26. Экспериментальные исследования свойств H-бозона

Эксперименты на Тэватроне и БАК. Измерение параметров H-бозона: масса, ширина, спин, брэнчинги, константы связи. Поиски тяжелых H-бозонов.

27. Прецизионные тесты Стандартной модели

Параметризация Пескина-Такеучи, глобальный фит, экспериментальные указания на отклонения от СМ.

28. Суперсимметрия

Проблемы Стандартной модели. Суперсимметричные модели. Экспериментальные поиски суперсимметричных частиц.

29. Большое объединение

Проблемы стандартной модели. Большое объединение. Модель SU(5). Распад протона. Осцилляции $n \leftrightarrow \bar{n}$

30. Темная материя

Астрофизические наблюдения темной материи. Ограничения на параметры темной материи. Поиски темной материи в лабораторных экспериментах, на реакторах, ускорителях и коллайдерах.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Феноменология сильных взаимодействий

Цель дисциплины:

Систематическое изложение феноменологии сильных взаимодействий.

Задачи дисциплины:

дать студентам понимание основных концепций феноменологии сильных взаимодействий: квантовой хромодинамики, партонной модели, кварковой модели адронов; сформировать знания, необходимые для теоретических исследований по современным актуальным проблемам, обучить их, на примере решения задач, активно использовать полученные знания.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Кинематику физики высоких энергий, основы КХД как квантовой неабелевой теории поля.

уметь:

Применять непertурбативные методы описания адронной динамики в области малых энергий.

владеть:

Теоретическим описанием процессов сильного взаимодействия при больших энергиях в рамках теории возмущений.

Темы и разделы курса:

1. Основы кинематики. Лоренц-инвариантный фазовый объем.
 - Классификация процессов в ФВЭ
 - Распады частиц. Ширина и время жизни
 - Рассеяние частиц. Сечение

- Лоренц-инвариантный фазовый объем

- Двух-частичный фазовый объем

- Трех-частичный фазовый

2. Основные процессы с элементарными частицами.

- Распад $1 \rightarrow 2$

- Реконструкция 4-импульса W-бозона. Якобиановский пик

- Инвариантное интегрирование фазового объема

- Построение амплитуды рассеяния

- Понятие S-матрицы

- Оптическая теорема

3. Партоновая модель.

- Введение. Партоновая модель в системе бесконечного импульса

- Основная формула партоновой модели

- Функции распределения кварков и глюонов в адронах

- Адронизация кварков и глюонов. Функции фрагментации

- Процесс Дрелла-Яна

- Образование векторных мезонов в партоновой модели ("слияние" кварков)

- Качественное описание спектров мезонов в мезонных и барионных пучках

- Рождение адронов с большими поперечными импульсами

4. Глубоко-неупругое рассеяние лептонов.

- Кинематика. Дифференциальное сечение рассеяния

- Бьеркеновский скейлинг

- Сечения поглощения поперечных и продольных фотонов

- Рассеяние лептонов на партонах

5. Эффект Примакова.

- Одно-фотонный механизм рассеяния

- Измерение радиационных ширин адронов

6. Конструирование амплитуд процессов.

- Понятие виртуальной частицы. Пропагатор

- Построение амплитуд процессов. Модель Земаха

- Оценки ширин распадов и сечений

- Форм-факторы частиц

- Описание распада $\eta \rightarrow \gamma \mu^+ \mu^-$ в модели векторной доминантности

7. Элементы "Реджистики".

- Траектории Редже

- Построение амплитуд. Описание процессов

8. Введение в унитарную симметрию $SU(n)$.

- Основные понятия об унитарной симметрии $SU(n)$

- Кварковая модель мезонов и барионов

9. $SU(6)$: кварки со спином, орбитальные возбуждения кварковых систем.

- Мезоны и барионы

- Примеры простых вычислений

- Расщепление масс в адронных супермультиплетах

10. Примеры моделей адронов.

- Модели мешков

- и др.

11. Цветовая группа $SU(3)$. Физические принципы построения КХД.

- Понятие "цвета" и "цветных" сил

- Матрицы Гелл-Манна, примеры вычислений

- Цветные волновые функции (спиноры, вектора), матрицы плотности, нормировки \

- Вычисления цветовых коэффициентов матричных элементов

12. Качественные следствия КХД.

- Связанные состояния. Потенциал в КХД

- Модель кваркония. Массы и ширины распадов в модели кваркония

13. Адронные струи.

- Адронные струи

- Алгоритмы реконструкции адронных струй

- "Широкие" (boosted) струи

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Физика высоких плотностей энергии

Цель дисциплины:

Целью дисциплины «Физика высоких плотностей энергии» является формирование базовых знаний по физике высоких плотностей энергии для дальнейшего использования в научно-исследовательской работе, а также других областях физического знания, и дисциплинах естественнонаучного содержания; формирование культуры аналитических исследований физических процессов, исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины:

Задачами учебной дисциплины являются: - формирование у обучающихся базовых знаний по физике высоких плотностей энергии; – формирование культуры исследования физического объекта; – формирование общего научного подхода к изучению физических процессов; – формирование умений и навыков применять полученные знания для решения физических задач, самостоятельного анализа полученных результатов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основы физики высоких плотностей энергии;
- основные методы генерации экстремальных состояний вещества.

уметь:

- объяснять качественно физические процессы при высоких плотностях энергии;
- определять основные эффекты и модельные соотношения для описания различных процессов при высоких плотностях энергии;
- находить возможные способы диагностики процессов и экспериментальной проверки моделей.

владеть:

– навыками количественной оценки влияния различных эффектов, исходя из качественного представления о конкретных процессах при высоких плотностях энергии.

Темы и разделы курса:

1. Введение в основы физики высоких плотностей энергии.

Предмет курса. Актуальность исследования физики высоких плотностей энергии. Основные методы получения экстремальных состояний вещества в лабораторных условиях. Высокие плотности энергии в природных явлениях.

2. Ударно-волновые явления.

Понятие ударной волны. Законы сохранения массы, импульса и энергии на фронте ударной волны. Требования к способам получения ударных волн в экспериментах с контролем состояния ударно-сжатого вещества. Метод торможения. Метод отражения. Особенности ударного сжатия пористых образцов. Предельная степень сжатия в ударной волне. Изоэнтропическое расширение ударно-сжатого вещества. Метод преград.

3. Электрический взрыв проводников под действием мощных импульсов тока.

Основные уравнения для описания процесса электровзрыва. Особенности электрического взрыва проводников в вакууме. Особенности электрического взрыва проводников в среде. Эксперименты по электровзрыву проволочек. Эксперименты по электровзрыву фольг в массивных диэлектрических обкладках. Электромагнитные способы генерации ударных волн в веществе.

4. Взаимодействие интенсивного лазерного излучения с веществом.

Физические эффекты при взаимодействии лазерного излучения с веществом. Генерация ударных волн с помощью лазерных импульсов различной длительности. Процессы при воздействии фемтосекундных лазерных импульсов на металлы.

5. Взаимодействие корпускулярных пучков с веществом.

Поглощение энергии высокоэнергетических частиц в веществе. Эксперименты с пучками тяжелых ионов. Эксперименты с пучками протонов. Эксперименты с пучками электронов.

6. Физические эффекты ядерного взрыва.

Ядерные реакции с выделением энергии. Достижение условий для ядерного взрыва. Использование энергии ядерного взрыва для физических исследований экстремальных состояний вещества.

7. Задача управляемого термоядерного синтеза.

Реакции термоядерного синтеза. Инерциальный принцип достижения условий для зажигания термоядерной реакции. Ударно-волновое зажигание. Режим быстрого зажигания. Использование лазерного излучения для термоядерного зажигания. Использование тяжелоионных пучков для термоядерного зажигания. Использование протонных пучков для термоядерного зажигания. Некоторые особенности гидродинамических течений с термоядерным горением. Термоядерная детонация.

8. Экстремальные состояния в астрофизических объектах.

Состояния вещества при сверхсильных сжатиях. Строение планет. Формирование и эволюция звезд. Космические струи. Радиационные ударные волны.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Физика звезд: структура и эволюция

Цель дисциплины:

Целью дисциплины «Физика звезд: структура и эволюция» является формирование базовых знаний по астрофизике для дальнейшего использования в других областях физического знания и дисциплинах естественнонаучного содержания; формирование физической культуры, исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины:

Задачами учебной дисциплины являются:

- формирование у обучающихся базовых знаний по астрофизике и физике звезд;
- знакомство с проблематикой звездной астрофизики и используемыми методами;
- формирование общефизической культуры: умение решать физические задачи, производить оценки физических величин по порядку величины, создавать модели физических процессов.
- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области физики звезд в рамках выпускных работ на степень бакалавра.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- современные проблемы физики звезд
- теорию звездной эволюции и её следствия
- теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в астрофизике и ее приложениях;
- принципы симметрии и законы сохранения;
- новейшие открытия астрофизики;
- постановку проблем численного физического моделирования.

уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций;
- производить простые оценки параметров звезд и процессов, в них протекающих.

владеть:

- научной картиной мира;
- теоретическими методами астрофизики;
- математическим моделированием физических задач.

Темы и разделы курса:

1. Введение в звездную астрофизику. Основы теории строения звезд. Простейшие модели звезд. Теория устойчивости звезд. Процессы тепловыделения и теплоотвода. Полная система уравнений эволюции звезд.

1. Введение в звездную астрофизику

Удивительное многообразие мира звезд. Обычные звезды типа Солнца. Красные и бурые карлики. Красные и голубые гиганты и сверхгиганты. Одиночные и двойные звезды. Пульсирующие звезды (цефеиды). Взрывающиеся звезды (новые и сверхновые). Нейтронные звезды (пульсары). Звездный ветер. Планетарные туманности. Звезды типа Вольфа-Райе. Межзвездные газ и пыль. Звездные поселения - галактики. Наша Галактика, Магеллановы Облака, Туманность Андромеды. Спектральная классификация звезд. Понятие о диаграмме Герцшпрунга-Рессела. Химический состав звезд. Плоская (I) и сферическая (II) звездные составляющие Галактики.

2. Основы теории строения звезд

Звезды - самогравитирующие газовые (плазменные) шары. Уравнения гидростатического равновесия. Гравитационный потенциал. Гравитационная энергия звезды. Параболическая скорость (скорость убегания). Элементы уравнения состояния звездной плазмы. Идеальный (совершенный) газ, молекулярный вес полностью ионизованного звездного вещества, давление, удельная энергия, энтропия. Статистика Ферми-Дирака. Вырожденный электронный газ. Асимптотика Чандрасекара. Ограничения на параметры звезд, накладываемые условием гидростатического равновесия.

3. Простейшие модели звезд

Политропные газовые шары. Функции Лэна-Эмдена. Аналитические решения для индексов политропы $n = 0, 1, 5$. Асимптотические разложения вблизи центра и поверхности звезды. Модель Роша с точечной массой в центре. Политропы с вращением.

4. Теория устойчивости звезд

Уравнение пульсаций звезды с малой амплитудой. Собственные частоты и собственные функции. Нелинейность пульсаций в оболочках звезд. Динамическая, тепловая и пульсационная неустойчивости. Зависимость массы звезды от центральной плотности (диаграмма плотность-масса) и от радиуса (диаграмма радиус-масса). Предельная масса вырожденной звезды (предел Чандрасекара). Вариационный принцип в теории равновесия и устойчивости звезд. Критическое для устойчивости звезды значение показателя адиабаты вещества.

5. Процессы тепловыделения и теплоотвода

Теория переноса излучения. Непрозрачность звездного вещества. Диффузионный предел. Закон усреднения коэффициента поглощения (Росселандово среднее). Конвекция в звездах. Критерии конвективной неустойчивости. Адиабатическая конвекция (конвективные звездные ядра). Теория пути перемешивания (конвективные оболочки). Конвекция в химически неоднородных средах.

6. Полная система уравнений эволюции звезд

Начальные и граничные условия. Три характерных времени гидродинамическое, тепловое и термоядерное. Теорема вириала. Отрицательная теплоемкость звезды как целого. Гидростатически равновесные химически однородные модели звезд. Вращение звезд. Парадокс фон Цейпеля. Меридиональная циркуляция.

2. Теория подобия звездных моделей. Термоядерные процессы внутри звезд. Эволюция звезд после ГП. Поздние стадии эволюции звезд, сверхновые. Физика компактных объектов. Элементы звездного нуклеосинтеза.

7. Теория подобия звездных моделей

Степенные аппроксимации уравнения состояния, непрозрачности и скорости выделения ядерной энергии. Безразмерные уравнения равновесия звезд. Критерии подобия. Соотношения масса-светимость и масса-радиус.

8. Термоядерные процессы внутри звезд

Химический состав звезд. Элементы теории термоядерных подбарьерных реакций. Протон-протонная цепочка реакций, CNO-цикл. Теория солнечных нейтрино и их детектирование

на подземных нейтринных обсерваториях. Гелиевые реакции: 3-альфа реакция. Горение углерода, кислорода.

9. Эволюция звезд после ГП

Гидростатически равновесная эволюция звезд. Переход к красным гигантам. Слоевые источники энергии. Эволюция звезд умеренных масс. Изохроны на диаграмме Герцшпрунга-Рессела. Возраст шаровых звездных скоплений. Эволюция массивных звезд. Предельная масса звезды главной последовательности. Петли на диаграмме Герцшпрунга-Рессела. Потеря массы звездным ветром. Сброс оболочки звезды типа планетарной туманности. Эволюция в двойных системах: различные сценарии.

10. Поздние стадии эволюции звезд, сверхновые

Образование железных звездных ядер и углеродно-кислородных вырожденных ядер. Нейтринные потери энергии. Фундаментальные свойства нейтрино. Урка-процесс. Нейтронизация звездного вещества. Теория переноса нейтрино. Ядерное статистическое равновесие. Фотодиссоциация железа. Строение предсверхновых звезд. Спектральная классификация сверхновых. Сверхновые Ia как термоядерные сверхновые. Сверхновые с коллапсом ядра: возможные механизмы взрыва.

11. Физика компактных объектов

Аккреция на белые карлики. Поправки к предельной массе Чандрассекара. Строение нейтронных звезд. Уравнение Оппенгеймера-Толмана-Волкова. Максимальная и минимальная масса нейтронных звезд. Уравнение состояния при плотностях, превышающих ядерную. «Экзотика» в недрах нейтронных звезд: кварковое вещество. Звезды с фазовым переходом. Аккреция на нейтронные звезды. Пульсары.

12. Элементы звездного нуклеосинтеза

Распространенность химических элементов во Вселенной. Происхождение легких химических элементов. Синтез тяжелых элементов в процессах быстрого (r-процесс) и медленного (s-процесс) захвата нейтронов. Обойденные изотопы. Нейтринный нуклеосинтез.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Физика и техника газового разряда

Цель дисциплины:

Дать базовые знания по физике газового разряда, сформировать представления об основных экспериментальных и теоретических методах исследований низкотемпературной плазмы и газоразрядных явлений, познакомить с техникой создания газовых разрядов различных типов.

Задачи дисциплины:

- Создать представления о газовом разряде как универсальном научном фундаменте современных высоких технологий.
- По окончании курса предполагается, что студенты будут иметь четкие представления об основных физических процессах, протекающих в плазме, характеристиках и пространственно – временной структуре газовых разрядов различных типов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные физические процессы и закономерности, управляющие формированием газовых разрядов различных типов, ключевые характеристики разрядов и их пространственно – временную структуру.

уметь:

оценивать степень влияния на характеристики разрядов различных экспериментальных параметров: давления и сорта плазмообразующего газа, формы и амплитуды электрического напряжения, геометрии и конструкции электродных систем, наличие прокачки газа и т.д., пользоваться законами подобия газовых разрядов, т.к. они значительно расширяют область применимости многочисленных данных, полученных в различных экспериментальных условиях, с тем, чтобы успешно применять полученные знания для решения конкретных практических задач.

владеть:

базовыми знаниями по методам и технике создания газовых разрядов различных типов.

Темы и разделы курса:

1. Протекание электрического тока в высоком вакууме и в газе. Виды электрического тока в вакууме и в газах.

Виды электрического тока в газах. Несамостоятельные и самостоятельные токи в вакууме и газе. Установившиеся и нестационарные токи. Пробой газа. Переход одного вида тока в другой. Прохождение тока в высоком вакууме. Ток при движении одной частицы. Движение заряда в электрических, магнитных и скрещенных полях. Движение в неоднородных полях. Ток в вакууме без и при наличии объемных зарядов. Ток частиц одного знака. Биполярный ток. Собственные поля тока в вакууме. Компенсация объемного заряда. Релятивистские электронные пучки.

2. Понятие «плазма». Основные характеристики плазмы, ее классификация.

Разделение зарядов и квазинейтральность плазмы. Пространственный и временной масштабы разделения зарядов. Радиус Дебая, плазменная (ленгмюровская) частота. Электростатическое экранирование потенциала. Высокотемпературная и низкотемпературная, слабоионизованная и сильноионизованная, равновесная и неравновесная, идеальная и неидеальная, вырожденная и невырожденная плазма. Плазма на Земле и в космосе.

3. Элементарные процессы в плазме газового разряда.

Элементарные процессы в плазме газового разряда. Виды взаимодействия. Эффективное сечение процесса. Взаимодействие двух частиц и законы сохранения импульса. Упругие взаимодействия электронов с молекулами и атомами. Столкновения заряженных частиц. Формула Резерфорда. Приближение Борна. Метод сферических волн. Электронный обмен. Поляризационный эффект. Рассеяние электронов молекулами. Ионизация: прямая, ступенчатая. Фотоионизация. Потенциал ионизации водорода. Ионизация с внутренних оболочек. Термическая ионизация. Формула Саха. Снижение потенциала ионизации. Автоионизация. Рекомбинация: излучательная, тройная, диссоциативная. Коэффициент рекомбинации. Рекомбинационный континуум. Экспериментальное определение температуры и концентрации электронов в плазме.

4. Элементарные процессы на граничных поверхностях.

Элементарные процессы на граничных поверхностях. Электронный газ в металле. Распределение Ферми. Потенциальный барьер. Прозрачность барьера. Работа выхода электронов из металла. Термоэлектронная эмиссия. Эффект Шоттки. Эффективная работа выхода. Распределение термоэлектронов по скоростям. Автоэлектронная эмиссия. Гамма – процессы. Эмиссия при наличии пленок. Явления на аноде. Рентгеновское излучение.

5. Кинетическое уравнение Больцмана для электронов....

Кинетическое уравнение для электронного газа. Вывод уравнения. Следствие из кинетического уравнения. Уравнение баланса частиц, сохранение электрического заряда. Плотность тока. Учет столкновений, ионизации и рекомбинации. Приближение Лорентца. Распределение Больцмана, Максвелла, Дрювенштейна. Влияние неупругих процессов на функцию распределения.

6. Зондовый метод диагностики плазмы.

Теория тока на вспомогательный зонд. Теория Ленгмюра и Мотт – Смита. Потенциал Дебая – Хюккеля. Теория Бома. Зондовая характеристика одиночного и двойного зонда. Определение функции распределения электронов по энергии.

7. Дрейф и диффузия электронов и ионов. Влияние магнитного поля на дрейф и диффузию заряженных частиц.

Направленный ток и подвижность электронов. Лорентцево приближение. Влияние магнитного поля. Экспериментальное определение подвижности. Измерение скорости дрейфа. Направление движения ионов. Диффузия заряженных частиц. Диффузия электронов и ионов. Соотношение между подвижностью и диффузией. Двуполярная диффузия. Амбиполярное поле и коэффициент амбиполярной диффузии.

8. Электрический пробой в газе. Виды пробоя. Современное состояние теории пробоя.

Электрический пробой в газе. Теория пробоя Таунсенда. Влияние процессов на электродах и в газе на пробой. Законы подобия. Закон Пашена. Запаздывание пробоя. Теория стримерного пробоя. ВЧ, СВЧ, оптический пробой. Роль убегающих электронов в формировании пробоя.

9. Классификация газовых разрядов. Вольт – амперная характеристика газового разряда.

Темный, поднормальный, нормальный, аномальный разряды. Переход к дуге. Вольт – Амперная характеристика газового разряда. Влияние приэлектродных процессов на положительный столб.

10. Классический тлеющий разряд низкого давления.

Характерные черты нормального тлеющего разряда. Закон «нормальной» плотности тока. Уравнение для прикатодной области, вольт – амперная характеристика. Отрицательное свечение и фарадеево темное пространство. Положительный столб. Теория Шоттки. Аномальный тлеющий разряд.

11. Тлеющий разряд атмосферного давления. Электрический разряд в потоке газа. Методы и техника формирования.

Тлеющий разряд при повышенных давлениях. Непрерывный и импульсный разряды. Процессы, определяющие объемную стадию импульсного разряда. Методы формирования объемного разряда. Импульсно – периодические разряды. Тлеющий разряд в потоке газа. Неустойчивости тлеющего разряда повышенного давления.

12. Дуговой разряд.

Дуговой разряд. Виды дугового разряда. Приэлектродные процессы в дуговых разрядах. Положительный столб дугового разряда. Каналовая модель. Высотемпературные потоки плазмы в плазмотронах. Плазменные ускорители. Влияние магнитного поля.

13. Коронный разряд, искра.

Коронный разряд. Виды коронного разряда. Искровой разряд, лидерный процесс.

14. Диэлектрический барьерный разряд. Виды ДБР. Техника создания.

Диэлектрический барьерный разряд. Физика и режимы горения ДБР. Поверхностный барьерный разряд. Методы и техника создания ДБР.

15. Современные применения газовых разрядов.

Газовые лазеры, микро-и нанoeлектроника, плазмохимия, плазменные панели, плазменная аэродинамика, плазменная биотехнология и медицина и т.д.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Физика наноразмерных систем

Цель дисциплины:

Цель курса состоит в ознакомлении студентов с современной физикой наноразмерных систем и структур, а также с современными методами, применяемыми для их экспериментального исследования. Содержание курса рассчитано на студентов, специализирующихся в области оптики и спектроскопии, физики твердого тела, люминесценции и физики взаимодействия излучения с веществом. Изложение курса начинается с рассмотрения основ физики наноразмерных систем. Описываются наноразмерные эффекты и плотность состояний для носителей заряда в системах различного типа. При описании методов расчета электронного спектра для наноразмерных структур и некоторых качественных результатов, особый упор делается на рассмотрение конкретных материалов. Далее рассматриваются особенности колебательного спектра, электрон-фононного взаимодействия и колебаний зарядовой плотности в наноразмерных системах.

Задачи дисциплины:

- рассмотрение основ физики наноразмерных систем;
- ознакомление студентов с современными методами расчета электронного спектра для наноразмерных структур;
- изучение особенностей колебательного спектра;
- изучение особенностей электрон-фононного взаимодействия;
- изучение особенностей колебаний зарядовой плотности в наноразмерных системах.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основы физики наноразмерных систем;
- методы расчета электронного спектра для наноразмерных структур.

уметь:

- применять методы расчета электронного спектра для наноразмерных структур.

владеть:

- базовыми методами, применяемыми при изучении оптических и спектральных свойств низкоразмерных систем и структур.

Темы и разделы курса:

1. Квантоворазмерные эффекты и плотность состояний для носителей заряда.

Квантовые ямы, квантовые проволоки, квантовые точки. Комбинированная плотность состояний для двумерных и одномерных систем. Явления, связанные с интерфейсами. Некоторые методы получения объектов с пониженной размерностью.

2. Структуры с квантовыми ямами и сверхрешетками.

Квантование энергетических уровней электронов и дырок. Граничные условия Бастарда. Туннельная связь между квантовыми ямами. Полупроводниковые сверхрешетки. Некоторые экспериментальные результаты.

3. Оптические методы исследования электронного спектра в полупроводниковых гетероструктурах.

Спектры фотолюминесценции полупроводниковых квантовых ям, квантовых нитей и квантовых точек. Переходы, разрешенные в дипольном приближении. Экситонные эффекты. Влияние температуры и электрон-фононного взаимодействия. Исследование межподзонных переходов с помощью Фурье спектроскопии.

4. Фононы в низкоразмерных структурах.

Локальные колебательные моды. Фононы в сверхрешетках. Сложенные акустические и квантованные оптические моды. Электрооптические эффекты в полярных кристаллах: Интерфейсные моды.

5. Комбинационное рассеяние света в гетероструктурах.

Комбинационное рассеяние света на сложных акустических и квантованных оптических модах. Рассеяние на интерфейсных модах. Макроскопические модели электрон-фононного взаимодействия в квантовых ямах и сверхрешетках.

6. Плазменные колебания в низкоразмерных системах.

Дисперсия плазмонов для систем различной размерности. Поверхностный плазмон-поляритон. Взаимодействие точечного излучателя с плазмонной подсистемой. Плазмонное усиление скорости спонтанного излучения. Плазмонное усиление комбинационного рассеяния света.

7. Электрический транспорт в низкоразмерных системах.

Зависимость времени рассеяния и времени релаксации от энергии электрона. Время релаксации импульса. Электрический транспорт в тонких слоях. Резонансное тунелирование через квантовую яму с двойным барьером. Резонансно-туннельный диод.

8. Квантовый эффект Холла в двумерном электронном газе.

Теория диамагнетизма Ландау в трехмерном газе свободных электронов. Магнитопроводность двумерного электронного газа. Фактор заполнения. Эксперимент фон Клитцинга. Объяснение холловских плато в целочисленном квантовом эффекте Холла.

9. Проблема взаимодействия излучения с веществом для изолированных (квантовых) объектов.

Влияние окружения на скорость спонтанного излучения. Эффект Парселла. Сильная связь. Вакуумная частота Раби. Коллективные эффекты в спонтанном излучении. Эффект Дике. Некоторые экспериментальные результаты.

10. Управление взаимодействием излучения с веществом на примере микрорезонаторов.

Микрорезонатор со встроенными квантовыми ямами. Режимы сильной и слабой связи между изолированной модой микрорезонатора и оптически активным состоянием среды размещенной внутри него. Квантовый и классический подходы к описанию среды сильно взаимодействующей со светом. Экситонные поляритоны. Поляритоны в микрорезонаторах, «бозеры». Изменение спектра и кинетики излучения квантовой точки размещенной в микрорезонаторе.

11. Коллективные эффекты в низкоразмерных системах.

Экранирование кулоновского взаимодействия в трехмерных, двумерных и одномерных системах. Переход Мота в системе экситонов для систем с пониженной размерностью. Электронно-дырочная плазма и электронно-дырочная жидкость. Бозе конденсат экситонов и экситонный диэлектрик. Влияние размерности системы. Многоэкситонные комплексы и трионы.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Физика лазеров

Цель дисциплины:

- формирование базовых знаний по физике лазеров и их применению для дальнейшего использования в других дисциплинах естественнонаучного содержания, научно-исследовательской и инженерно-технической работе;
- формирование физической интуиции, исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся базовых знаний по физике лазеров и нелинейной оптики;
- развитие общефизической культуры: умение выбирать подходящую физическую модель, проводить оценки значимости эффектов, применять известные технические приёмы теоретической физики;
- формирование умений и навыков применять полученные знания для постановки и решения физических задач, самостоятельного анализа полученных результатов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные типы лазеров, их механизмы работы и выходные характеристики;
- уравнения переноса излучения, скалярное, малоугловое и геометрическое приближения;
- типы резонаторов и волноводов и оптических волокон;
- однородное и неоднородное уширение линий, типы спектров, длины волн основных рабочих переходов;
- формулы преобразования гауссовых пучков и гауссовых импульсов при распространении в пространстве;
- уравнения Шредингера для матрицы плотности ансамбля двухуровневых атомов в присутствии внешнего поля;
- основные нелинейные оптические эффекты: самофокусировка, комбинационное и бриллюэновское рассеяние, дисперсия и фазовая самомодуляция;

– методы повышения качества выходного излучения лазеров и их ансамблей.

уметь:

- рассчитывать мощности лазеров и усилителей в простейших моделях среды;
- оценивать максимальную достижимую мощность пучка или энергию импульса в модельной нелинейной среде;
- определять трансформацию излучения, в том числе импульсного в среде с нелинейностью и дисперсией;
- определять характерные длины развития нелинейных эффектов.

владеть:

- культурой проведения модельных расчетов и оценок;
- навыками освоения большого объема информации, включая работу с научной литературой;
- основными навыками представления своих результатов на семинарах, конференциях.

Темы и разделы курса:

1. Основные характеристики лазеров.

Принцип работы лазеров, способы создания инверсии. Характеристики лазерного излучения. Типы лазеров, используемые в настоящее время в промышленности, средствах связи и научных лабораториях, и их характеристики.

Основные характеристики лазерной кинетики: коэффициент усиления, мощность насыщения усиления. Уравнения переноса излучения в усиливающих и поглощающих средах. Модель Ригрода.

Спектр генерации лазеров. Факторы уширения линии. Причины возникновения многочастотного спектра. Оценка ширины линии одномодового одночастотного лазера.

Расчёт мощности стационарной генерации в рамках ригродовской модели среды. Приближение постоянной внутрирезонаторной интенсивности. Максимальная мощность усилителя.

2. Оптика лазеров.

Описание распространения излучения. Поляризация, ТЕ и ТМ моды. Малоугловое приближение, гауссовы пучки, их преобразование при распространении. Другие типы пучков, создаваемые лазерами.

Оптические резонаторы. Понятие продольных и поперечных мод. Классификация типов резонаторов. Интегральные уравнения для поля в резонаторе.

Селекция мод в неустойчивых резонаторах. Методы усиления дискриминации высших мод.

Компоненты современных резонаторов. Оптические изоляторы. Брэгговские отражатели. Дисковые лазеры.

Основы теории волноводов. Волоконные лазеры и усилители. Встроенные волноводы, антирезонансные и резонансные интегрированные волноводы. Фотонно кристаллические волокна.

3. Качество лазерного излучения и методы его повышения.

Способы определения качества излучения. М-квадрат фактор.

Крупно- и мелкомасштабная самофокусировка излучения при распространении в среде. Аберрации и проблемы теплоотвода. Адаптивная оптика.

Обращение волнового фронта (ОВФ) и его использование для повышения качества выходного излучения. Оптический резонатор как устройство ОВФ для моды резонатора. Статическая и динамическая голография. ОВФ на нелинейных ячейках.

Методы когерентного и некогерентного сложения пучков излучения от многоканальных лазерных систем. Спектральное сложение. Связь через дальнюю зону и эффект Тэлбота. Фазовая синхронизация неидентичных лазеров.

4. Нелинейные эффекты взаимодействия излучения с лазерной средой.

Режим самосинхронизации продольных мод, генерация коротких импульсов.

Влияние дисперсии групповых скоростей и фазовой самомодуляции на распространение коротких импульсов и их спектр. Модуляционная неустойчивость.

Солитонные решения в оптике, солитонные линии связи.

Четырёхволновое взаимодействие и его влияние на уширение спектра в усилителе. Самостартующий лазер.

Комбинационное рассеяние и его применение: спектроскопия, рамановские лазеры и усилители.

Бриллюэновское рассеяние в лазерных средах, его роль при проектировании мощных лазерных систем.

5. Эффекты когерентного взаимодействия лазерного поля с двухуровневой средой.

6. Механизмы работы и характеристики лазеров.

Газовые лазеры: схема работы CO₂ лазера, химические лазеры (HF/DF иод-кислородные), газодинамические лазеры. Лазеры на парах металлов.

Полупроводниковые лазеры: схема уровней, электронное и оптическое ограничение, квантовые ямы и точки, квантово-каскадные структуры; накачка инъекцией, электронным

пучком и оптическая. Лазеры с излучением в торец, с вертикальным резонатором, с распределённой обратной связью. Достигнутые параметры и варианты применения.

Твердотельные: объёмные, дисковые и волоконные лазеры.

7. Динамика лазерной генерации.

Понятие квазистационарной генерации, короткие и ультракороткие импульсы. Режим мгновенного включения добротности. Установление стационарной генерации после включения накачки. Устойчивость стационарной генерации.

Модуляция добротности: активная и пассивная. Механизм выделения импульса при пассивной синхронизации мод. Используемые устройства.

Распространение импульса излучения в усиливающей среде, решение Франца-Нодвика. Нелинейные эффекты в двухкомпонентной среде. Формирование фронта импульса. Лазерный термоядерный синтез.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Физика мягкой материи

Цель дисциплины:

Ознакомить слушателей с основными примерами мягких сред, важнейшими эффектами, характерными для мягкой материи, и базовыми физическими принципами, лежащими в основе этих эффектов.

Задачи дисциплины:

- Формирование у обучающихся базовых знаний по свойствам мягкой материи;
- формирование общей научной культуры: умение логически мыслить, проводить доказательства основных утверждений, устанавливать логические связи между понятиями;
- формирование умений и навыков применять полученные знания для решения физических задач, самостоятельного анализа полученных результатов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Основные модели, описывающие динамику фазового поведения;
- основные уравнения, описывающие флуктуации струны и мембраны;
- особенности электростатических взаимодействий на наномасштабах;
- равновесные свойства систем;
- правила равновесия фаз и их графическую интерпретацию для анализа устойчивости термодинамических систем;
- основные методы научно-исследовательской деятельности;
- методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
- современные способы использования информационно-коммуникационных технологий.

уметь:

- Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности;
- работать с научно-технической информацией;
- выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах;
- критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника;
- при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи.

владеть:

- Навыками выбора методов и средств решения задач исследования;
- методами теоретического и экспериментального исследования;
- навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных), обработки, анализа и систематизации информации;
- навыками критического анализа и оценки современных научных достижений.

Темы и разделы курса:

1. Введение в мягкие среды

Аномальные механические свойства мягкой материи. Вязкоупругость. Высокоэластичность. Примеры мягких сред. Жидкие кристаллы. Понятие о нематиках и смектиках. Полимеры. Гибкость полимерных цепей. Коллоиды и их стабилизация. Поверхностно-активные вещества. Сферические и червеобразные мицеллы. Критическая концентрация мицеллообразования. Мембраны и везикулы. Биологические системы как пример мягкой материи. Характерные масштабы в мягких средах. Склонность к самоорганизации. Аномально низкая трансляционная энтропия полимерных и коллоидных систем.

2. Броуновское движение и диффузия

Роль броуновского движения на наномасштабах. Теорема о равномерном распределении и среднеквадратичная скорость броуновской частицы. Подход Ланжевена и подход Фоккера-Планка к описанию диффузии и броуновского движения. Уравнение Ланжевена. Среднеквадратичное смещение. Коэффициент диффузии. Формула Эйнштейна-Стокса. Уравнение Чепмена-Колмогорова. Уравнение диффузии и его решение методом Фурье и методом функций Грина. Связь с центральной предельной теоремой.

3. Фазовое расслоение

Условия равновесия фаз и их графическая интерпретация. Бинодаль и спинодаль. Абсолютно нестабильные и метастабильные состояния. Модель решеточной жидкости Флори-Хаггинса. Фазовая диаграмма решеточной жидкости. Критическая точка. Фазовые диаграммы реальных растворов. Гидрофобные взаимодействия. Динамика фазового расслоения. Спинодальный распад. Уравнение Кана-Хилларда. Зародышеобразование.

Критический размер зародыша. Укрупнение. Теория Лифшица-Слезова в скейлинговом приближении.

4. Равновесные свойства полимерных систем

Идеальные полимерные цепи. Аналогия с траекториями броуновского движения. Распределение расстояния между концами цепи. Модель бусин на нити. Энтропийная упругость полимерных цепей. Высокоэластичность полимерных сеток. Теорема Флори. Классическая теория высокоэластичности. Объемные взаимодействия. Хороший и плохой растворитель. Тета-точка. Набухание полимерных цепей в хорошем растворителе. Теория Флори. Понятие о случайных блужданиях без самопересечений и их связи с задачами теории фазовых переходов (теорема де Жена). Переход клубок-глобула. Понятие о полуразбавленных растворах. Метод скейлинга.

5. Динамика полимеров и мембран

Динамика одиночной полимерной цепи. Модель Рауза. Роль гидродинамических взаимодействий. Модель Зимма. Флуктуации мембран. Уравнение Эдвардса-Уилкинсона. Рост случайной поверхности. Уравнение Кардара-Паризи-Жанга. Вязкоупругость полимерных расплавов. Полимерная цепь в решетке препятствий. Модель рептаций, рептационная трубка. Время обновления трубки. Вязкость полимерного расплава в модели рептаций.

6. Элементы физики электролитов

Электролитическая диссоциация. Противоионы. Условие глобальной электронейтральности. Конденсация противоионов на линейной цепи (маннинговская конденсация) и на заряженной поверхности. Двойной электрический слой. Длина Бьоррума. Экранировка электростатических взаимодействий. Уравнение Пуассона-Больцмана. Радиус Дебая. Потенциал Дебая-Юкавы. Энтропия противоионов и связанные с ней эффекты. Суперabsorbционные свойства полиэлектролитных гелей.

7. Жидкие кристаллы

Спонтанное нарушение симметрии. Директор. Нематический параметр порядка. Фазовый переход в нематическое состояние Модели Онзагера и Майера-Заупе. Дефекты в нематических жидких кристаллах. Эффект Фредерика.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Физика плазмы

Цель дисциплины:

- освоение студентами фундаментальных знаний в области физики плазмы, магнитной гидродинамики и космической плазменной астрофизики и методов их исследования, а также областей их практического применения.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области физики плазмы, магнитной гидродинамики и космической плазменной астрофизики как дисциплины, интегрирующей общефизическую и общетеоретическую подготовку физиков и обеспечивающей технологические основы современных инновационных сфер деятельности;
- обучение студентов принципам теоретической физики и астрофизики;
- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области астрофизики в рамках выпускных работ на степень магистра.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- современные проблемы физики плазмы, плазменной астрофизики;
- теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях;
- новейшие открытия естествознания;
- о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания.

владеть:

научной картиной мира; навыками самостоятельной работы при аналитическом и математическом моделировании физических задач.

Темы и разделы курса:

1. Условия в космической плазме, роль магнитного поля.

Элементарный вывод для сечения рассеяния, длин пробега. Коллективные колебания в плазме. Дебаевское экранирование и дебаевская сфера.

2. Заряженные частицы в электромагнитном поле.

Электрический, градиентный и центробежный дрейф. Радиационные пояса. Ускорение Ферми первого и второго рода. Проблема удержания плазмы.

3. Уравнения идеальной и неидеальной гидродинамики.

Проблема замыкания уравнений. Звуковые волны. Энтропийные волны.

4. Одножидкостная магнитная гидродинамика.

Основные уравнения. Условия применимости. Магнитное число Рейнольдса.

5. Альфвеновские и магнитозвуковые волны.

Фазовые и групповые поляры. Магниторотационная неустойчивость.

6. Ударные волны. Тангенциальные и вращательные разрывы.

Условия на разрывах. Ударные волны. Условие эволюционности.

7. Диэлектрическая проницаемость плазмы. Одночастичный и гидродинамический подход.

Одночастичный и гидродинамический подход. Ленгмюровские и ионозвуковые колебания в плазме. Пучковая неустойчивость.

8. Плотность и поток энергии для волн в плазме.

Иерархия Боголюбова. Уравнение Власова.

9. Диэлектрическая проницаемость плазмы. Кинетический подход.

Кинетический подход. Затухание Ландау. Диэлектрическая проницаемость неоднородной плазмы.

10. Двухжидкостная гидродинамика.

Уравнения на моменты. Система уравнений двухжидкостной гидродинамики.

11. Качественный анализ коэффициентов переноса.

Сила трения. Термосила. Коэффициенты переноса. Вязкий нагрев. Скорость передачи энергии между электронами и протонами.

12. Одножидкостный предел.

Электронейтральность и большое отношение массы протона к массе электрона как необходимые условия для возможности одножидкостного подхода.

13. Обобщенный закон Ома. Бомовская диффузия.

Обобщенный закон Ома. Бомовская диффузия и ограничения классического подхода.

14. Стационарные решения.

Теорема Ферми-Чандрасекара.

15. Токовые слои. Пинчи.

Одномерные конфигурации (токовый слой, тета- и z- пинч). Условие Беннета. Токовые слои.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Физика полупроводников

Цель дисциплины:

Освоение студентами базовых знаний по физике полупроводников, которые позволят в дальнейшем изучать специальные дисциплины, в частности физику и технологию наносистем, оптику конденсированных сред, физику транспортных явлений, физику полупроводниковых приборов, а также навыки решения задач по физике полупроводников.

Задачи дисциплины:

Познакомить студентов с основными понятиями и идеями в этой области, с постановкой задач и подходами к их решениям. Предполагается, что прослушав этот курс, студенты смогут читать и понимать текущую научную периодику в этой области.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия по теме дисциплины.

уметь:

- пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования, решать задачи по теме дисциплины.

владеть:

- математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

Темы и разделы курса:

1. Напоминание: зонная теория твердых тел

Адиабатическое и одноэлектронное приближения, теорема Блоха. Понятия о микроскопических методах расчета зонной структуры (метод сильной связи, метод слабо связанных электронов, метод псевдопотенциала и т.п.).

2. Метод плавных огибающих

kr-метод теории возмущений. Метод эффективного гамильтониана. Движение электрона во внешних полях в полупроводниковом кристалле. Оператор координаты в кристалле (и аналогия с релятивистской физикой).

3. Модели зонной структуры полупроводников и полуметаллов

Спин-орбитальное взаимодействие и гамильтониан Латтинжера. Модель Кейна. Модель Берневига-Хьюза-Жанга. Модель Вейля.

4. Поверхностные и краевые состояния в топологических изоляторах

Иллюстрация в рамках одномерной модели (Волков-Панкратов). Расчет в модели Берневига-Хьюза-Жанга.

5. Эффект размерного квантования

Граничные условия в методе плавных огибающих. Нульмерные, одномерные и двумерные полупроводниковых наносистемы.

6. Статистика носителей заряда в полупроводниках

Электроны и дырки. Доноры и акцепторы.

7. Кулоновское взаимодействие в полупроводниках

Экситоны. Обменное взаимодействие между электроном и дыркой (и аналогия с задачей о позитронии). Особенности экситонов в «сложной зоне».

8. Электрон-фононное взаимодействие в полупроводниках

Деформационный потенциал. Пьезоэлектрическое взаимодействие. Понятие о поляроне. Особенности фононов в двумерных и одномерных кристаллах.

9. Явления в контактах

Потенциальные барьеры, плотность тока, соотношение Эйнштейна, условия равновесия тел, термоэлектронная работа выхода, контактная разность потенциалов. Распределение концентрации электронов и потенциала в слое объемного заряда, длина экранирования, обогащенный и истощенный слой. Омические контакты. Выпрямление в контакте металл – полупроводник, p-n переход.

10. Оптические переходы в кристаллах

Прямые и непрямые переходы. Фундаментальное поглощение, экситонные эффекты.

11. Экситоны

Свободные и связанные экситоны, ионизация экситонов, электрон-дырочная плазма, экситонные молекулы, разрушение экситонных молекул в магнитном поле.

12. Влияние вырождения зон на свойства электрон-дырочных систем в полупроводниках

Электрон-дырочная жидкость и многочастичные экситон-примесные комплексы в многодолинных полупроводниках. Оболочечная модель.

13. Примесное поглощение

Собственная и примесная фотопроводимость полупроводников (неравновесные электроны и дырки в полупроводниках). Квантовый выход и время жизни неравновесных электронов и дырок, уравнение непрерывности.

14. Полупроводниковые лазеры

Усиление и генерация света в активных средах, Поглощение и усиление света в прямозонных полупроводниках. Полупроводниковые инжекционные лазеры, вертикально излучающие лазеры.

15. Экситонные поляритоны

Экситонные поляритоны в объемных полупроводниках и полупроводниковых микрорезонаторах. 8. Конденсация микрорезонаторных экситонных поляритонов в импульсном пространстве. Мультистабильность резонансно возбуждаемой микрорезонаторной поляритонной системы.

16. Квантовая электродинамика твердотельного микрорезонатора с квантовой точкой

Взаимодействие одиночного атома с электромагнитным полем в оптическом резонаторе, режимы сильной и слабой связи, экситон в квантовой точке – искусственный атом, типы твердотельных оптических микрорезонаторов, однофотонная нелинейная оптика с квантовой точкой в волноводе с микрорезонатором.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Физика пучков заряженных частиц

Цель дисциплины:

1. Показать всю научную широту, требующуюся при создании ускорителей: от теоретической механики, электродинамики, квантовой механики и ядерной физики до “технологических” наук, связанных с материаловедением, созданием сверхпрочных поверхностей и т.д.;
2. Акцентировать внимание студентов на знании и понимании физических законов, лежащих в основе функционирования различных типов ускорителей;
3. Научить решению линейных дифференциальных уравнений с периодическими коэффициентами;
4. Познакомить с качественным и количественным анализом нелинейных колебаний;
5. Научить студентов различным методам анализа устойчивости в нелинейной динамической системе, которую представляет собой частица, движущаяся в ускорителе.

Задачи дисциплины:

1. Освоение студентами основ теории физики пучков заряженных частиц и ускорительной техники;
2. Развить представление о том, какие пучки, каких частиц, с какими параметрами необходимы и используются как в фундаментальных исследованиях (физика высоких энергий), так и в прикладных задачах (в медицине – радиационная терапия, электронно-лучевая сварка, имплантация ионов, дефектоскопия, неразрушающий анализ, производство радионуклидов, стерилизация и т.д.);
3. Изучение существующих и разрабатываемых методов ускорения частиц, способов реализации этих методов и трудностей создания пучков с наперед заданными параметрами;

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Основы теории физики пучков заряженных частиц и ускорительной техники;

Существующие и разрабатываемые методы ускорения частиц, способы реализации этих методов и проблемы создания пучков с наперед заданными параметрами.

уметь:

Решать линейные дифференциальные уравнения с периодическими коэффициентами.

владеть:

Качественным и количественным анализом нелинейных колебаний;

Методами анализа устойчивости в нелинейной динамической системе, которую представляет собой частица, движущаяся в ускорителе.

Темы и разделы курса:

1. Значение ускорителей в физической науке и технологии.

Лекция 1. Значение ускорителей в физической науке и технологии. Классификация ускорителей.

Применение ускорителей. Встречные пучки, светимость, современные коллайдеры. Электронные и ионные источники заряженных частиц. Линейные ускорители: высоковольтные ускорители прямого действия, ускоритель Вин де Граафа, тандемные ускорители, каскадные ускорители, линейные индукционные ускорители. Циклические ускорители с постоянной орбитой: бетатрон, синхротрон. Циклические ускорители с переменной орбитой: циклотрон, микротрон.

Лекция 2. Резонансное ускорение.

Резонансный принцип ускорения. Линейные ускорители электронов, ионов (ускоритель Альвареца), RFQ ускоритель, мезонные фабрики. Синхротроны с совмещенными и разделенными функциями магнитной структуры. Примеры синхротронов на высокие энергии: Дубна, Бустер ИФВЭ, У-70, ЛНС, УНК, проект Омега в ИФВЭ.

2. Синхротрон: устройство и принцип действия.

Лекция 3. Синхротрон: устройство и принцип действия.

Понятие о фокусировке. Проектная орбита (reference orbit). Изменение магнитного поля, коэффициент расширения орбиты. Ускорение в синхротроне: принцип автофазировки, синхронная энергия и синхронная фаза, критическая энергия, уравнения синхротронного движения, синхротронные колебания.

Лекция 4. Устойчивость синхротронных колебаний.

“Масса” и частота синхротронных колебаний. Сепаратриса в фазовом пространстве, синхротронные эмиттансы пучка и аксептансы, захват частиц в режим устойчивого ускорения.

Адиабатическое изменение параметров синхротронных колебаний, теорема Лиувилля, зависимость параметров коротких сгустков (банчей) от энергии ускоряемых частиц.

3. Устойчивость поперечного движения в синхротроне.

Лекция 5. Устойчивость поперечного движения в синхротроне.

Поперечное движение заряженных частиц в прямом магнитооптическом канале и однородном магнитном поле. Уравнение Хилла, период магнитной структуры. Слабая и сильная фокусировка. Уравнения поперечного движения в синхротроне. Основные типы электромагнитов в синхротроне: диполи и квадруполь. Матричный метод решения уравнения Хилла. Критерий устойчивости поперечного движения. Бетатронные колебания. Описание бетатронных колебаний посредством непрерывных бета и фазовых функции.

Лекция 6. Параметры Куранта-Снайдера.

Параметры Куранта-Снайдера, матрица Твисса. Вычисление параметров Куранта-Снайдера, частота бетатронных колебаний, фазовый эллипс. Согласованные и не согласованные пучки, эмиттанс пучка и аксептанс вакуумной камеры. Инвариантный (нормализованный) эмиттанс пучка. Примеры магнитных структур (У-70, УНК). “Оценочный” расчет магнитной структуры типа FODO в приближении тонких линз в синхротроне на высокие энергии.

Лекция 7. Дисперсионная функция и линейные возмущения в синхротроне.

Дисперсионная функция в замкнутой магнитной структуре и её расчет. Естественная хроматичность ускорителя, хроматический разброс бетатронных частот в пучке на клетке бетатронных частот. Принцип коррекции хроматичности.

Искажения замкнутой орбиты из-за геодезических ошибок установки диполей и квадрупольей на проектную орбиту (reference orbit), точность изготовления магнитооптических элементов. Пример коррекции искажений орбиты. Создание бампов орбиты.

4. Описание плоского магнитного поля.

Лекция 8. Описание плоского магнитного поля.

Скалярный потенциал плоского магнитного поля. Нормальные и косые мультиполи, их представление и измерение. Краевые поля. Краевая фокусировка в диполях.

Лекция 9. Влияние паразитных мультиполей на бетатронное движение.

Нелинейные уравнения бетатронного движения в канонических переменных. Решение методом усреднения. Сдвиг бетатронных частот. Суммовые и разностные бетатронные резонансы. Структурные резонансы.

Лекция 10. Действие одномерного изолированного резонанса.

Ширина резонанса. Биения размеров пучка. Параметрический резонанс. Косой квадруполь и линейный резонанс связи. Использование секступольного резонанса для медленного вывода пучка из синхротрона.

Лекция 11. Амплитудная зависимость сдвигов бетатронных частот.

Зависимость сдвигов частот от амплитуд колебаний. Разброс частот в пучке и системы его коррекции. Допуски на паразитные мультиполи (пример УНК). Влияние нормальных паразитных мультиполей на процесс медленного вывода.

Лекция 12. Статические эффекты пространственного заряда в синхротроне.

Некогерентный кулоновский сдвиг бетатронных частот, роль фактора группировки (банчировки). Влияние стенок вакуумной камеры. Ограничение интенсивности при низких и высоких энергиях. Нелинейный кулоновский разброс бетатронных частот. Кулоновское взаимодействие сталкивающихся сгустков в коллайдере. Параметр пространственного заряда и ограничение светимости коллайдера.

5. Сохранение эмиттанса пучка.

Лекция 13. Сохранение эмиттанса пучка.

Рассогласование при инжекции: ошибки дипольного поля и ошибки фокусировки. Диффузионные процессы: кулоновское и ядерное рассеяние на остаточном газе. Требование к вакууму в протонных синхротронах. Шумы в RF системах и пульсации в питании электромагнитных элементах.

Лекция 14. Уменьшение эмиттанса пучка в синхротроне.

Поперечное стохастическое охлаждение. Продольное стохастическое охлаждение. Электронное охлаждение.

Лекция 15. Особенности электронных синхротронов.

Синхротронное излучение в электронных ускорителях. Радиационное затухание вертикальных бетатронных колебаний. Сжатие 6-мерного фазового объема пучка под влиянием излучения. Радиальные бетатронные и синхротронные колебания электронов. Декременты колебаний в ускорителях с различными типами фокусировки. Влияние квантовых флуктуаций излучения на движение электронов.

Лекция 16. Когерентные эффекты пространственного заряда.

Когерентные бетатронные колебания. Когерентная поперечная неустойчивость пучка. Продольная неустойчивость пучка (эффект отрицательной массы).

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Физика пылевой плазмы

Цель дисциплины:

Целью дисциплины «Физика пылевой плазмы» является формирование базовых знаний о физических процессах, происходящих в плазме с конденсированной дисперсной фазой, для дальнейшего использования в научно-исследовательской работе, а также других областях физического знания, и дисциплинах естественнонаучного содержания; формирование культуры аналитических исследований физических процессов, исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний о процессах в пылевой плазме;
- формирование культуры исследования физического объекта;
- формирование общего научного подхода к изучению физических процессов;
- формирование умений и навыков применять полученные знания для решения физических задач, самостоятельного анализа полученных результатов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- механизмы зарядки макрочастиц в плазме;
- силы, действующие на частицу в плазме;
- основные модели физических процессов, происходящих в пылевой плазме.

уметь:

- объяснять качественно физические процессы в пылевой плазме;
- определять основные эффекты и модельные соотношения для описания различных процессов в пылевой плазме;
- применять изученные модели для аналитического описания плазменно-пылевых структур;

– находить возможные способы диагностики процессов и экспериментальной проверки моделей.

владеть:

– навыками количественной оценки влияния различных эффектов, исходя из качественного представления о конкретных процессах, происходящих в пылевой плазме.

Темы и разделы курса:

1. Физика процессов в пылевой плазме

Низкотемпературная плазма с макроскопическими частицами (пылевая плазма) - основные представления.

Области существования пылевой плазмы.

Особенности экспериментального исследования пылевой плазмы.

Образование и рост пылевых частиц.

Электронный и ионный потоки. Зарядка уединенной частицы в приближении ограниченного орбитального движения.

Другие механизмы зарядки.

Зарядовый состав пылевой плазмы.

Силы, действующие на уединенную частицу в плазме.

Взаимодействие между пылевыми частицами.

2. Неидеальная пылевая плазма

Неидеальность пылевой плазмы. Параметры, характеризующие степень упорядоченности пылевой подсистемы. Фазовая диаграмма трехмерных систем Юкавы. Двухступенчатый характер перехода в двумерных системах.

Термическое и калорическое уравнения состояния для жидкостных систем, их аппроксимация на основе теории "скачков".

3. Транспортные процессы в пылевой плазме

Транспортные процессы в пылевой плазме. Коэффициенты диффузии, вязкости, теплопроводности пылевой компоненты. Способы их вычисления и оценки.

Процессы массопереноса на малых временах наблюдения. Баллистический и диффузионный режимы движения броуновской частицы. Функция эволюции массопереноса (отношение среднеквадратичного смещения ко времени) для невзаимодействующих частиц, для случая гармонического осциллятора. Методика оценки параметров пылевой компоненты на основе анализа функции эволюции массопереноса.

4. Другие направления исследования пылевой плазмы

Криогенная пылевая плазма, электронно-пучковая пылевая плазма, пылевая плазма сильно асимметричных частиц.

5. Активные броуновские частицы в коллоидной плазме

Активная материя: определение, примеры. Математические модели динамики активных частиц. Среднеквадратичное смещение активных броуновских частиц. Механизмы активности. Коллективное поведение активных броуновских частиц. Активные броуновские частицы в лабораторной плазме.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Физика сложных систем

Цель дисциплины:

ознакомление студентов с задачами и методами современной физики сложных систем. Это позволит им в будущем применять полученные ранее знания в области теоретической и математической физики к описанию сложных систем, возникающих в смежных областях науки, таких как биология, химия, экономика, социология и др.. Целью дисциплины является формирование знаний и умений, необходимых для проведения междисциплинарных исследований с использованием методов современной теоретической физики, построения моделей сложных систем и их анализа.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся знаний о современных задачах междисциплинарных исследований;
- обучение студентов методам физики сложных систем;
- формирование умений и навыков применять полученные знания для решения задач в смежных областях науки, таких как биология, химия, экономика, социология и др.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Основные задачи из физики сложных систем, биологии, экономики и других областей, к которым применяются методы теоретической и математической физики;
- Основные понятия курса: эргодичность, масштабная инвариантность, фрактальность, перемежаемость, скейлинг, спиновое стекло, устойчивость систем дифференциальных уравнений, автомодельные решения, гидродинамические неустойчивости, бифуркация;
- Смысл применяемых в курсе методов.

уметь:

- Применять обсуждаемые в рамках курса подходы к решению задач

- Анализировать применимость описанных методов к исследованию задач в смежных с физикой областях науки

владеть:

- Теоретическим и понятийным аппаратом физики сложных систем.

Темы и разделы курса:

1. Сложные системы: основные мотивы и понятия

Открытые и закрытые системы, эргодичность и ее нарушение, множественность равновесий. Неравновесная динамика, эффекты старения. Масштабная инвариантность, фрактальность. Возбуждаемая среда, автоволны, диссипативные структуры, автосолитоны.

2. Элементы качественной теории динамических систем

Диссипативные системы. Фазовый портрет, траектория, основные типы бифуркаций на плоскости. Устойчивость, характеристические показатели Ляпунова. Понятие аттрактора. Бифуркации в многомерных системах. Хаос в динамических системах и сценарии (пути) его возникновения. Фрактальные структуры и их размерность.

3. Пространственно-временные структуры в физических и химических системах

Модель Пригожина-Лефевра-Николиса («брюсселятор»). Реакция Белоусова-Жаботинского, модель Филда-Нойса («орегонатор»).

4. Гидродинамические неустойчивости

Эффект Бенара. Представление о типах твердотельных автоволновых сред. Тепловые волны и неоднородные стационарные состояния в системе $Fe+H_2$. Механизм эффекта барретирования.

5. Примеры моделей биологических систем

Морфогенез гидры, модель Гирера-Майнхарда. Механизм формирования окраски шкур животных. Морфогенез насекомых. Роль ионных токов в процессах самоорганизации, явление самоэлектрофореза. Модели механизмов формообразования у бактерий и у слизевика *Dictyostellium discoideum*. «Механические» модели морфогенеза, морфогенез клеточных пластов на ранних стадиях развития зародыша. Модели генетических сетей.

6. Идеальная жидкость

Уравнение непрерывности, Уравнение Эйлера, уравнение Бернулли. Завихренность, сохранение циркуляции, уравнения Кирхгофа. Потенциальные течения, комплексный потенциал.

7. Вязкая жидкость

Тензор энергии-импульса и уравнение движения вязкой жидкости. Течение при малых числах Рейнольдса, формула Стокса. Вязкие течения Хеле-Шоу и проблема лапласовского роста.

8. Одномерные течения сжимаемого газа

Звуковые волны, их энергия и импульс. Образование разрывов в звуковой волне, характеристики, инварианты Римана. Произвольное одномерное движение сжимаемого газа., преобразование годографа.

9. Турбулентность и ее возникновение

Неустойчивость течений и возбуждение турбулентности. Статистическое описание турбулентных течений. Закон Колмогорова, гипотеза Колмогорова. Диссипативная аномалия. Перемежаемость.

10. Явление мультифрактальности в турбулентности

Мультифрактальность как обобщение скейлинга Колмогорова. Модель крупномасштабных пульсаций — течение Бэтчелора.

11. Методы описания стохастических систем

Броуновское движение. Уравнения Ланжевена и Фоккера-Планка. Закон Аррениуса. Аномальная диффузия. Continuous time random walk (CTRW) и его приложения.

12. Перемежаемость, скейлинг, аномальный скейлинг

Фундаментальные свойства динамики финансовых рынков. Роль эндогенных и экзогенных факторов. Модель встречных потоков.

13. Популяционная динамика

Динамика инноваций. Пороговые эффекты в динамике эпидемий.

14. Методы описания неупорядоченных систем

Модель случайных энергий. Метод реплик. Связь с задачами кодирования. Модель Изинга в случайном внешнем поле. Применение к задачам социологии и экономики.

15. Введение в физику спиновых стекол

Связь с задачами комбинаторной оптимизации. Неравновесная спиновая динамика. Основные механизмы и численное моделирование. Применение к модели Изинга и случайном внешнем поле.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Физика твердого тела

Цель дисциплины:

Целью дисциплины является изучение физических основ и математического аппарата физики твердого тела,

Задачи дисциплины:

- освоение студентами базовых знаний в области физики твердого тела;
- глубокое и наглядное освоение понятий и самых важных эффектов физики твердого тела и физики твердотельных наноструктур;
- понимание эвристики важнейших научных открытий, ценности физических аналогий;
- умение делать простые и быстрые оценки критических параметров для различных эффектов;
- умение применять полученные знания к конкретным научным и техническим задачам.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные концепции, фундаментальные понятия, законы, принципы и методы, применяемые в физике твердого тела;
- основные результаты открытий и исследований, определивших пути развития физики твердого тела;
- принципиальные особенности различных лазерных источников.

уметь:

- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных задач и постановки экспериментов;
- выбирать адекватный метод для решения конкретной физической задачи.

владеть:

- навыками теоретического анализа реальных задач теории твердого тела и теории твердотельных наноструктур;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- базовыми навыками самостоятельной работы и использования Интернета;
- навыками грамотной обработки результатов эксперимента и сопоставления с теоретическими данными;
- основными навыками представления своих результатов на семинарах, конференциях;
- навыками освоения большого объема информации, включая работу с научной литературой;
- основными навыками написания научных статей;
- математическим аппаратом в той мере, которая позволяет получать решение конкретной практической задачи исходя из первых принципов и основных уравнений фундаментальных дисциплин, в основном, квантовой механики и электродинамики;
- эвристикой при работе с фундаментальными задачами физики твердого тела и физики твердотельных наноструктур.

Темы и разделы курса:

1. Электронная подсистема в кристалле.

Адиабатическое приближение.

Симметрия. Трансляционная симметрия и теорема Блоха. Квазиимпульс.

Решетка Бравэ. Обратная решетка. Зоны Бриллюэна.

Электронные зоны. Проводники, изоляторы и полупроводники. Эффективная масса электрона в кристалле. Плотность состояний.

Приближения сильной и слабой связи. Блоховские осцилляции. Блоховские осцилляции и штарковская лестница. Условия наблюдения блоховских осцилляций. Сверхпериодические структуры. Блоховские осцилляции и терагерцовое излучение

Область применимости зонного описания. Приближение Хартри-Фока.

Корреляционные эффекты в электронной подсистеме. Вигнеровская кристаллизация.

Электронные корреляции и переход металл-диэлектрик. Переход Мотта-Хаббарда.

2. Фононы.

Общие свойства фононного спектра.

Критерий Линдемана. Плавление.

3. Сверхпроводимость.

Основные экспериментальные факты.

Идеальная проводимость. Эффект Мейснера.

Теплоемкость. Изотопический эффект.

Феноменологический подход.

Уравнение Лондона.

Эффект Бома-Аронова и квантование потока.

Теория Гинзбурга-Ландау и недиагональный дальний порядок.

Сверхпроводники 1 и 2 рода.

Вихри Абрикосова. Вихревые решетки. Плавление вихревых решеток.

4. Туннельные явления.

Туннельный эффект. Резонансный туннельный эффект. Туннельная спектроскопия.

Сканирующая туннельная спектроскопия. Эффект Джозефсона.

Стационарный эффект Джозефсона.

Нестационарный эффект Джозефсона.

5. Низкоразмерные системы и наноструктуры.

Обедненные и обогащенные слои. Полевой транзистор. Инверсионные слои.

Гетероструктуры.

Квантовые ямы и сверхрешетки.

Квантовые провода.

Квантовые точки.

Основные свойства двумерного электронного газа.

Целочисленный квантовый эффект Холла. Основные экспериментальные закономерности целочисленного квантового эффекта Холла. Квантовый эффект Холла и топологические инварианты. Калибровочная инвариантность и квантование холловской проводимости.

Дробный квантовый эффект Холла. Дробный заряд квазичастиц.

Композитные фермионы.

Открытие графена. Дираковские электроны. Парадокс Клейна. Отсутствие рассеяния назад. Перспективы применения.

Топологические диэлектрики. Дираковские электроны на поверхности.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Физика твердого тела

Цель дисциплины:

Освоение студентами фундаментальных знаний в области физики твёрдого тела, электродинамики сплошных сред, изучение способов постановки и решения задач, связанных с взаимодействием носителей тока в твёрдых телах различной размерности и их практического применения для полупроводниковых наноструктур.

Задачи дисциплины:

Формирование базовых знаний в области физики твёрдого тела как дисциплины, интегрирующей общезначимую и общетеоретическую подготовку физиков и обеспечивающей технологические основы современных инновационных сфер деятельности.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- современные проблемы физики, химии, математики;
- теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях;
- принципы симметрии и законы сохранения;
- новейшие открытия естествознания;
- о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;
- работать на современном вычислительном оборудовании;

- абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций.

владеть:

- планированием, постановкой и обработкой результатов расчётов;
- научной картиной мира;
- математическим моделированием физических задач.

Темы и разделы курса:

1. Влияние полей на межзонное поглощение. Влияние кулоновского взаимодействия на межзонные переходы.

Переходы в квантующем магнитном поле. Эффект Франца-Келдыша. (Переходы в скрещенном магнитном и электрическом полях).

Непрерывный спектр. Экситоны. (Трионы, биэкситоны, многочастичные экситонные комплексы).

2. Вольт-амперная характеристика контактов. Выпрямление тока.

Объёмный заряд. Истощенный и обогащенный слой. (Закон Мотта).

p-n переходы. Зарядная ёмкость. Контакт Шоттки. Прохождение тока через запорный слой.

3. Кинетические явления в металлах и проводниках.

Электропроводность. Электронная теплопроводность. Закон Видемана-Франца. (Фононная теплопроводность. Коэффициент Грюнайзена). Соотношение Онсагера. (Термоэлектрические эффекты). Эффект Холла. (Термомагнитные эффекты).

4. Кинетическое уравнение.

Длина свободного пробега. Интеграл столкновений. (Точное решение линеаризованного уравнения Больцмана в общем случае. Время релаксации для различных типов рассеяния).

5. Контактные явления.

Потенциальные барьеры. (Соотношение Эйнштейна). Условие равновесия. Работа выхода. (Формула Ричардсона-Дэшмена. Типы контактов полупроводников).

6. Оптическое поглощение полупроводников.

Разрешенные и запрещенные переходы. (Межзонные не прямые переходы. Внутризонное поглощение в легированных полупроводниках).

7. Переход металл-диэлектрик.

Критерий Мотта. Переход металл-диэлектрик в легированных полупроводниках. (Фазовая диаграмма: диэлектрический газ экситонов — металлическая электронно-дырочная плазма).

8. Полупроводниковые гетероструктуры.

Квантовые ямы. (Квантовые нити. Квантовые точки). Сверхрешетки.

9. Солнечная энергетика.

Экономические причины развития солнечной энергетика. Солнечная постоянная. (Способы использования солнечной энергии). Фотовольтаический эффект. (Типы и характеристики фотоприемников).

10. Электронно-дырочная жидкость. Теория 1.

Влияние зонной структуры на стабильность электронно-дырочной жидкости. Приближения Хаббарда и Нозьера-Пайнса. (Самосогласованные схемы. Интерполяционные формулы). Фазовая диаграмма. (Полярные полупроводники).

11. Электронно-дырочная жидкость. Теория 2.

Сильно анизотропные полупроводники. Точно решаемая модель. Энергия основного состояния и равновесная плотность. (Взаимодействие с оптическими фононами. Критическая температура и плотность). Диэлектрическая электронно-дырочная жидкость. Оператор рождения экситонов. (Преобразование Боголюбова).

12. Электронно-дырочная жидкость. Экспериментальные результаты.

Поглощение и люминесценция. (Проводимость. Влияние давления). Фазовая диаграмма. (Отсутствие кристаллизации).

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Физика твердого тела

Цель дисциплины:

Освоение студентами фундаментальных знаний в области физики твердого тела, электронной теории твердых тел, физических основ материаловедения; дать представление о современных расчетно-теоретических и экспериментальных методах исследования структуры и свойств твердых тел.

Задачи дисциплины:

- освоение студентами базовых знаний в области физики твердого тела, теории электронной структуры, включая влияние особенностей этой структуры на физико-химические свойства материалов;

- освоение современных представлений о природе различных типов связи и влияния их на свойства конденсированной фазы; формирование базовых знаний в области физических основ материаловедения; приобретение теоретических знаний о методах расчета и экспериментальных методах исследования структуры и свойств твердого тела.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

теоретические модели основополагающих процессов и явлений в физике твердого тела и ее приложениях; фундаментальные понятия, законы, теории классической и квантовой физики; порядки физических величин, характерные для атомной и молекулярной физики, физики конденсированного состояния; основные подходы и приближения, используемые при расчетах электронной структуры кристаллов и динамики решетки; физические основы методов исследования структуры и свойств конденсированных фаз.

уметь:

делать качественные выводы о механических свойствах кристаллов на основе данных о типах связей между составляющими его молекулами, атомами, ионами; делать качественные выводы об оптических свойствах материалов, их электро- и теплопроводности, исходя из знания их электронной зонной структуры, фононной плотности состояний.

владеть:

методами описания кристаллических решеток; базовыми моделями расчета электронной зонной структуры кристаллов в приближениях сильной и слабой связи; базовыми моделями описания влияния примесных атомов на свойства материалов; базовыми моделями описания динамики решетки.

Темы и разделы курса:

1. Предмет и основные понятия физики твердого тела.

Структура курса лекций.

2. Кристаллические решетки. Обратная решетка. Зоны Бриллюэна. Точки высокой симметрии.

Понятия кристаллической и обратной решеток. Введение в зоны Бриллюэна и точки высокой симметрии. Подробное обсуждение ОЦК и ГЦК решеток и их обратных решеток.

3. Звук, длинноволновые колебания, связь частот колебаний и упругих модулей.

Приводится вывод дисперсионных зависимостей из представлений об упругих колебаниях решетки. Обсуждается роль упругих модулей на примере кубических решеток. Приводятся оценки для частот на границе зоны Бриллюэна исходя из упругих модулей.

4. Спектр колебательных состояний. Расчет колебательных спектров на основе силовых постоянных.

Вводится спектр колебательных состояний. В качестве примера рассматривается расчет спектра на основе межплоскостных силовых постоянных. На примере ОЦК и ГЦК решеток обсуждаются особенности спектра и связь со структурой и силовыми постоянными. Проводится сопоставление с экспериментальными результатами. Обсуждается неустойчивость решеток и связь со спектром. Проводится сопоставление с длинноволновым приближением.

5. Плотность и заполнение колебательных состояний. Квантовая теория колебаний решетки.

Вводится понятие плотности колебательных состояний, обсуждается роль их при расчете термодинамических величин и амплитуды колебаний. Приводится квантовая теория колебаний.

6. Ангармонизм колебаний решетки.

Колебания решетки в общем случае отклоняются от гармонического приближения, что накладывает дополнительные наблюдаемые явления. В частности, рассматривается конечное время жизни фононов, связанное с этим уширение спектральных линий, смещение частот колебаний.

7. Методы исследования колебательных свойств решетки.

Приведены экспериментальные и теоретические методы исследования колебательных свойств решетки. Подробно проводится сопоставление теоретических методов.

8. Электронная зонная структура. Приближение свободного Ферми газа.

Рассматриваются вывод и результаты классической теории электронной зонной структуры. Обсуждается роль температуры и плотности на свойства. Проводятся оценки для спектров металлов, таких как натрий, алюминий на основе свободного Ферми газа.

9. Приближения сильной и слабой связи.

Приводятся физические основы приближения сильной и слабой связи. Обсуждаются характерные свойства электронов в рамках таких приближений.

10. Анализ электронных свойств на основе сопоставления с результатами теории функционала электронной плотности.

Для сопоставления и демонстрации характерных величин влияния кристаллического поля на электронные свойства приводятся результаты расчетов электронных спектров для случая материалов близких к свободному электронному газу и сильно связанных электронов.

11. Магнетизм.

Понятия магнетизма, различные состояния, примеры материалов с различным магнитным состоянием. Рассматривается роль локализованных спинов и решеточного магнетизма в возникновении магнитных свойств. Приводится для сопоставления результаты расчетов методом теории функционала электронной плотности по величине локализации магнитных моментов и расщепления направления спинов.

12. Свойства диэлектриков. Сегнетоэлектрические кристаллы.

Рассматриваются фундаментальные свойства возникновения сегнетоэлектричества. Проводятся оценки характерных величин спонтанной поляризации для конкретных материалов. Обсуждается роль температуры, свойства фазового перехода в параэлектрическое состояния и способы описания.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Физика элементарных частиц и стандартная модель

Цель дисциплины:

Целью дисциплины «Физика элементарных частиц и стандартная модель» является ознакомление учащихся с современными подходами к теоретическому описанию взаимодействий элементарных частиц. Курс направлен на формирование у учащихся базовых знаний о современных представлениях об устройстве фундаментальных взаимодействий и методах квантовой теории поля, применяющихся для их описания.

Задачи дисциплины:

Основными задачами учебной дисциплины является формирование у обучающихся базовых знаний о Стандартной модели физики элементарных частиц и навыков применять полученные знания для решения разнообразных задач современной физики фундаментальных взаимодействий и элементарных частиц, а также самостоятельного анализа получающихся результатов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Основные понятия курса. Состав полей стандартной модели физики элементарных частиц. Причины возникновения эффекта Казимира, аномалий в КТП, спонтанного нарушения симметрии.

уметь:

Вычислять сечения процессов в рамках стандартной модели в низших порядках по теории возмущений. Производить перенормировку массы заряда и констант связи в однопетлевом приближении.

владеть:

Методами квантовой теории поля в применении к физике элементарных частиц.

Темы и разделы курса:

1. Введение в стандартную модель

Введение в стандартную модель. Калибровочные симметрии $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$. Калибровочные бозоны. Мультиплеты материи. Кварковая модель.

2. Древесная унитарность и четырехфермионное взаимодействие

Древесная унитарность. Четырехфермионное взаимодействие. Нарушение унитарности, необходимость появления промежуточных бозонов в слабых взаимодействиях.

3. Вакуумные флуктуации

Вакуумные флуктуации. Эффект Казимира.

4. Ультрафиолетовые расходимости и перенормировки

Ультрафиолетовые расходимости и перенормировки. Ультрафиолетовые расходимости и перенормировки в теории ϕ^4 . Массовый и поляризационный операторы в КЭД. Перенормировка массы и заряда. Эффективный потенциал.

5. Калибровочная инвариантность

Калибровочная инвариантность. Поля Янга-Миллса. Построение неабелевых калибровочных теорий. Ковариантные производные. Нелинейные взаимодействия калибровочных бозонов. Древесная унитарность и необходимость учета трехбозонной вершины в слабых взаимодействиях.

6. Спонтанное нарушение симметрии

Спонтанное нарушение симметрии в скалярных, абелевых и неабелевых моделях.

7. Электрослабые взаимодействия

Лагранжиан модели Вайнберга-Салама. Массы калибровочных бозонов. Нарушение четности. Смешивание. Механизм Глешоу-Илиопулоса-Майани. Массовые матрицы и нарушение CP. Аномалии и их сокращение.

8. Квантовая хромодинамика

Калибровочная теория сильных взаимодействий. Асимптотическая свобода. Конфайнмент.

9. Элементарные частицы и вселенная

Инфлатон. Фазовые переходы в ранней вселенной. Барийная асимметрия.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Физика элементарных частиц

Цель дисциплины:

Основной целью данной дисциплины является обучение основным понятиям, необходимым для дальнейшего изучения более продвинутых курсов по физике элементарных частиц – квантовой хромодинамики, теории электрослабого взаимодействия.

Задачи дисциплины:

- Формирование основных представлений о физике элементарных частиц.
- Знакомство с базовыми понятиями физики элементарных частиц, квантовой теории поля, квантовой хромодинамики, теории электрослабого взаимодействия.
- Обсуждение классических экспериментов по физике элементарных частиц.
- Обсуждение связи космологии и физики элементарных частиц.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- современные представления о строении материи;
- основные понятия физики элементарных частиц (заряд, спин, четность и т.д.);
- основные симметрии микромира;
- законы и структуру сильного, слабого и электромагнитного взаимодействий;
- принципы построения Стандартной модели;
- механизм образования масс в Стандартной модели;
- связь между современной космологией и физикой элементарных частиц.

уметь:

- эффективно применять вышеуказанные знания на практике для решения фундаментальных и прикладных научных задач в области современной физики элементарных частиц.

владеть:

способами оценки сечений основных взаимодействий элементарных частиц.

Темы и разделы курса:

1. Элементарные частицы материи – кварки и лептоны.

Элементарные частицы материи – кварки и лептоны. Точно сохраняющиеся заряды. Барионный и лептонный заряды. Основные характеристики взаимодействий между элементарными частицами. Бозон Хиггса.

2. Естественная система единиц.

Естественная система единиц. Планковские постоянные. Дополнительные измерения и экспериментальный поиск их проявлений.

3. Изоспин.

Изоспин. Изоспин NN и πN систем. Формула Гелл-Манна-Нишиджимы.

4. Бозоны и фермионы.

Бозоны и фермионы. Принцип Паули и его экспериментальная проверка. Получение бозе-эйнштейновского конденсата.

5. P-четность. C-четность.

P-четность. Внутренняя четность.

C-четность. Частицы и античастицы. Опыт Андерсона. Открытие антипротона. Эксперименты по созданию антиатомов. C-четность системы $q \bar{q}$. T-инвариантность. Формула для вероятности перехода. Детальный баланс.

6. Странность.

Странные мезоны и барионы. Понятие инвариантной массы нескольких частиц. Изоспин каонов. K^0 и \bar{K}^0 мезоны. Осцилляции странности. K^1 и K^2 -мезоны. Изменение вероятности обнаружения K^0 от времени. Регенерация каонов, опыт Пайса-Пиччиони. Переходы с $\Delta S = 2$.

7. CP-четность. Нарушение CP.

CP-четность системы 2π и 3π . Эксперимент Крониана-Фитча. K^S и K^L -мезоны. CPT теорема. Поиски нарушения CPT теоремы. Правило $\Delta S = \Delta Q$. Опыты по прямому обнаружению нарушения T-инвариантности в аннигиляции антипротонов. Зарядовая асимметрия в полулептонных распадах. Нарушение CP и различия в распадах частиц и античастиц. Бариосинтез во Вселенной по А.Д.Сахарову.

8. Очарованный кварк.

Очарованный кварк, мезоны и барионы с очарованным кварком. Разложение амплитуды рассеяния по парциальным волнам. Признаки существования резонансного состояния. Формула Брейта-Вигнера для амплитуды рассеяния и полного сечения. Реакции типа

production и formation. Открытие чарма в опытах Тинга и Рихтера. Свойства чармония. Спектроскопия чармония и боттомония. Потенциал КХД.

9. В-кварк. Мезоны и барионы с b-кварком.

Мезоны и барионы с b-кварком. Смешивание D^0 и B^0 – мезонов. Нарушение CP в распадах В-мезонов.

10. Топ-кварк. Наивная кварковая модель.

Топ-кварк. Наивная кварковая модель. Связанные состояния кварков и глюонов. Основы теории групп. Дублет антикварков.

11. Мультиплеты мезонов в $SU(2)$, $SU(3)$ и $SU(4)$.

Правила комбинирования схем Юнга. Мультиплеты мезонов в $SU(2)$, $SU(3)$ и $SU(4)$. Нонеты мезонов из легких кварков. Кварковый состав мезонов из $SU(3)$ нонета.

12. Векторные и псевдоскалярные мезоны. Массовые формулы Гелл-Манна-Окубо.

Векторные и псевдоскалярные мезоны. Массовые формулы Гелл-Манна-Окубо. Смешивание мезонов, правило ОЦИ.

13. Классификация барионов по мультиплетам.

Мир барионов. Классификация барионов по мультиплетам. Массовые формулы для барионов. Лептонные распады векторных мезонов. Магнитные моменты барионов. Ограничения наивной кварковой модели.

14. Расширение Вселенной. Химический состав Вселенной. Первичный нуклеосинтез.

Расширение Вселенной. Реликтовое излучение.

Химический состав Вселенной. Метрика Вселенной. Первичный нуклеосинтез. Основные моменты жизни Вселенной.

15. Темная материя. Темная энергия.

Прецизионные измерения неоднородностей реликтового излучения и определение плотности Вселенной. Плотность барионов во Вселенной. Темная материя. Темная энергия.

16. Уравнение Клейна-Гордона. Уравнение Дирака.

Ток и плотность вероятности. Уравнение Клейна-Гордона. Уравнение Дирака. Матрицы Дирака. Физическая интерпретация решений уравнения Дирака: античастицы, спиральность, оператор спина. Структура дираковского спинора.

17. Калибровочная инвариантность.

Калибровочная инвариантность. Локальная и глобальная калибровочная инвариантность. Примеры глобальной и локальной калибровочной симметрии.

18. Лагранжиан КХД. Цветовой заряд.

Открытие глюонов. Лагранжиан КХД. Цветовой заряд. Открытие глюонов. Цветовые волновые функции глюонов. Асимптотическая свобода.

19. Конфайнмент.

Конфайнмент. Цветовые струны. Адроны – синглеты по цвету. Киральная симметрия. Уравнения Вейля. Спиральность релятивистских частиц. Киральные проекционные операторы. Билинейные комбинации гамма-матриц. Спонтанное нарушение киральной симметрии. Теорема Голдстоуна. Физический смысл вакуумного конденсата.

20. Кварковый вакуумный конденсат.

Кварковый вакуумный конденсат. Спектр масс частиц и параметры кваркового конденсата. Глюонный конденсат. Инстантоны. Инстантоны и возникновение кваркового конденсата. Вклад различных конденсатов в массу протона. Восстановление киральной симметрии.

21. Кварковый конденсат и смешивание мезонов.

Кварковый конденсат и смешивание мезонов. Квадратичная массовая формула Гелл-Манна-Окубо и СНКИ. Проблема η' -мезона. Вакуум и скалярные поля во Вселенной. Эффект Казимира. Проблема космологической постоянной. Энергия вакуума. Проблемы стандартной космологии (однородности и точной подстроенности параметров расширения). Инфляционная модель Вселенной.

22. Рассеяние на составном объекте.

Рассеяние на составном объекте. Формфактор. Формфакторы упругого ер-рассеяния. Рассеяние на точечных объектах, дифференциальное и полное сечение рассеяния. Переданный импульс в реакциях рассеяния и аннигиляции.

23. Глубоконеупругое рассеяние лептонов. Скейлинг. Партоновая модель.

Глубоконеупругое рассеяние лептонов- кинематические переменные. Скейлинг. Партоновая модель.

24. Спин и заряды партонов.

Спин и заряды партонов. Партоновые распределения валентных и морских кварков. Доля импульса протона, которую несут глюоны. Асимметрия морских кварков u- и d- кварков. Спиновый кризис. Аннигиляция $e^+ e^- \rightarrow \text{hadrons}$. Экспериментальное определение числа цветов кварков.

25. Слабое взаимодействие.

Слабое взаимодействие. Основные процессы. Слабые заряды. Бета-распад. Переходы Ферми и Гамова-Теллера. График Кюри. Опыты по измерению массы нейтрино в бета-распаде трития. Эксперименты Лобашова и гипотеза нейтринных облаков. Обратный бета-распад. Сечение взаимодействия нейтрино с нуклоном. Опыты Ву, Ледермана, Телегди. Нарушение четности в распаде Λ .

26. V-A структура слабого взаимодействия.

V-A структура слабого взаимодействия. Эксперименты по доказательству V-A варианта слабого взаимодействия. Структура заряженных токов.

27. Нейтральные токи.

Нейтральные токи. Структура нейтральных токов. Универсальность слабого взаимодействия по Кабиббо. Схема ГИМ. Матрица смешивания Кобаяши-Маскава и CP-нарушение.

28. Основы стандартной электрослабой модели.

Слабый изоспин и гиперзаряд. Электрослабое взаимодействие. Связь слабого и электромагнитного токов. Понятие о процедуре перенормировки. Лэмбовский сдвиг и аномальный момент электрона.

29. Локальная калибровочная инвариантность для групп $SU(2) \times U(1)$. Механизм Хиггса. Массы фермионов в Стандартной модели.

Локальная калибровочная инвариантность для групп $SU(2) \times U(1)$. Спонтанное нарушение симметрии.

Механизм Хиггса. Массы калибровочных бозонов и механизм Хиггса. Массы фермионов в Стандартной модели.

30. Осцилляции нейтрино.

Осцилляции нейтрино. Результаты экспериментов по осцилляциям солнечных, атмосферных и ускорительных нейтрино.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Физико-технические проблемы и современные тенденции ускорительных комплексов

Цель дисциплины:

изучение основных физико-технических проблем современных ускорительных комплексов для решения фундаментальных и прикладных задач физики

Задачи дисциплины:

формулирование предельных требований к параметрам ускорительных установок для решения конкретных сегодняшних задач

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

примерные параметры современных ускорителей и решаемые на них задачи

уметь:

определять требования к параметрам ускоряемых пучков при создании физических установок

владеть:

навыками теоретического анализа реальных задач, связанных с созданием ускорителей для фундаментальных, прикладных применений

Темы и разделы курса:

1. Введение: Фундаментальные и прикладные физические задачи, решаемые с использованием современных ускорителей.

Характерные параметры ускорителей для прикладных и фундаментальных исследований. Классификация ускорителей, диапазон энергий ускорителей, интенсивности пучков, получаемые с помощью ускорителей. Ускорители, как ключ к разработкам новых

технологий. Ускорители - источники фотонов и нейтронов. Использование ускорителей в медицине.

Задачи фундаментальной физики, решаемые с помощью ускорителей. Ускорители – основной инструмент для исследования в области физики элементарных частиц.

Новые технологии в разработке конструкций ускорителей.

2. Физические комплексы на основе линейных ускорителей. Линейные ускорители класса «фабрик», основные их отличительные признаки.

Типы линейных ускорителей: ускоритель прямого действия, индукционный и резонансный ускоритель. Область применения линейных ускорителей. Ускорители на низкие (до 10 МэВ) и средние энергии ($n \times 100$ МэВ). Типы резонаторов: нормально проводящие и сверхпроводящие линейные ускорители. Максимальные интенсивности линейных ускорителей класса «фабрика». Основные требования к ускорителям-«фабрикам». Параметры пучков и предельно допустимые потери. Структурное построение ускорителей-«фабрик».

3. Нейтронные «фабрики», режимы работы, основные особенности, физические программы на примере ESS.

Нейтронная фабрика, мегаинструмент для нейтронных исследований на основе ускорителя с мегаваттной мощностью пучка и энергией 800-1200 МэВ. Непрерывный и импульсный режимы работы ускорителя. Конструкция ускорительного комплекса. ESS – ускоритель на энергию 2 ГэВ и мощностью в пучке 5 МВт. Основная задача Европейского Нейтронный Источник ESS (European Spallation Source) использование нейтронов для тонкого исследования свойств материи. Холодные и ультрахолодные нейтроны - мощный зондирующий инструмент. Отличительные особенности ускорительного источника в сравнении с реакторным источником. Нейтроны нейтральные частицы, обладающие магнитным моментом - уникальный зонд для исследования материи на наномасштабе. Основные технологические проблемы решаемые с использованием нейтронов: новые материалы, динамические процессы, изучение биомолекулярных процессов, переходы в сверхпроводящие состояния, нейтронно-активационный анализ.

4. Трансмутационные комплексы на основе «Accelerator driven System», топливные циклы с использованием тория на примере Европейского проекта MYRRHA.

Основные задачи трансмутационного комплекса, подкритичного реактор с ускорительным драйвером (Accelerator Driven Systems): максимально высокий уровень безопасности, минимальная наработка долгоживущих отходов и устранение сложных и дорогостоящих геологических захоронений, высокая безопасность по отношению к диверсиям, более эффективное использование широко доступного топлива, без необходимости изотопной сепарации. Трансмутационный комплекс MYRRHA.

Концептуальные особенности трансмутационного комплекса. Ториевый цикл. Основные параметры ускорителя для трансмутационного комплекса. Коэффициентразмножения, обеспечивающий подкритичность реактора. Усиление энергии в системе, G , определяемое, как отношение производимой энергии к энергии, затраченной на пучок.

5. Ускорительные комплексы для получения пучков радиоактивных ядер: Isolde, Riken, Ganil, Spiral2, GSI, Derica

Экспериментальные исследования с использованием пучков радиоактивных ядер. Новый класс ускорителей для ускорения тяжелых ионов средних и промежуточных энергий: ускорительный комплекс UNILAC-SIS-ESR в Дармштадте (ФРГ), ускорительный комплекс GANIL в Кане (Франция), циклотронный комплекс тяжелых ионов RIKEN (Япония), сверхпроводящий циклотрон в Мичигане (США), циклотронный комплекс тяжелых ионов в Ланьчжоу (Китай), сверхпроводящий циклотрон в Катании (Италия), циклотронный комплекс тяжелых ионов в ЛЯР им. Г.Н. Флёрва ОИЯИ в Дубне (Россия).

Получение пучков радиоактивных ядер. Два основных способа генерации радиоактивных ядер в реакциях с заряженными частицами: первый, использование пучков тяжелых ионов, ускоренных до энергии более 30 МэВ/А, и бомбардировка ими относительно тонких мишеней и второй способ предполагает ускорение протонов или тяжелых ионов с энергией от 30 МэВ/А до нескольких ГэВ/А с последующей бомбардировкой толстой мишени, поглощающей всю энергию бомбардирующей частицы.

6. Основные физико-технические характеристики ускорителей-«фабрик», ключевые технологии ускорителей-«фабрик», предельные пиковые токи, максимальная мощность пучка.

Почему «фабрики»? Ускорители-«фабрики» на основе циклических и линейных ускорителей. Основные структурные решения. Предельные пиковые и средние токи пучков. Предельные потери частиц в пучке, «чистые» ускорители. Сверхпроводящие резонаторы. Примеры существующих установок.

7. Ускорительные комплексы медицинской направленности.

Ускорители для терапии и диагностики. Методы лечения онкологии с использованием ускорителей. Гамма и электронная терапия Порог Брэга. Зависимость относительной дозы от глубины для различных типов частиц. Нейтронозахватная терапия. Протонная и ионная терапия. Типы ускорителей для лечения онкологии, циклотрон, синхротрон, линейный ускоритель, их преимущества и недостатки.

8. Особенности сверхпроводящих ВЧ резонаторов. Основные типы сверхпроводящих резонаторов. Технология производства сверхпроводящих резонаторов.

Электродинамика нормальнопроводящего и сверхпроводящего резонатора, сравнительные характеристики резонаторов. Максимальные электрические и магнитные поля на поверхности резонатора. Основные проблемы производства сверхпроводящих резонаторов: штамповка, сварка электронным пучком и химполировка. Остаточное сопротивление ниобия (RRR), мультипакторинг, термальное разрушение сверхпроводимости. Ограничения, налагаемые на величину ускоряющего градиента свойствами сверхпроводника. Ограничение поля в реальных резонаторах. Резонансное размножение вторичных электронов. Сверхпроводящие ускоряющие структуры с высоким темпом ускорения. Области применения сверхпроводящих резонаторов. Четвертьволновые, полуволновые резонаторы, spoke-резонаторы, H- структуры, slot-резонаторы, эллиптический резонатор.

9. Конструирование высокоинтенсивных линейных ускорителей. Динамика пучка и электродинамика ускоряющих устройств линейных ускорителей на основе сверхпроводящих резонаторов.

Предельные значения рассеиваемой ВЧ мощности в нормальнопроводящих резонаторах и переход к сверхпроводящим резонаторам. Особенности динамики пучка в сверхпроводящих резонаторах: постоянство структурной фазовой скорости, квазирезонансный метод ускорения в структуре со ступенчатым изменением фазовой скорости. Параметризация частоты продольных колебаний, область захвата. Рассмотрение особенностей динамики пучка в сверхпроводящих резонаторах на примере “slot-structure”.

10. Современные кольцевые ускорители-коллайдеры.

Обзор существующих коллайдеров: большой электрон-позитронный коллайдер LEP, большой адронный коллайдер LHC. Проектируемые коллайдеры: мюонный коллайдер, будущий циклический коллайдер FCC.

11. Ускорители с внутренней и вынесенной мишенями на примере NICA, HESR (FAIR). Особенности коллайдера NICA на низкие энергии.

Тяжелоионная и поляризованная программа коллайдера NICA и HESR. Дуальная магнитооптическая структура коллайдера NICA для язельных ионов и протонов, дейтронов. Внутрипучковое рассеяние, стохастическое и электронное охлаждение, предельные светимости. Вариация критической энергии для протонных и дейтронных поляризованных пучков. Коррекция динамической апертуры.

12. Магнитооптические структуры с регулируемой критической энергией, нелинейности и их коррекция, динамическая апертура.

Что такое критическая энергия? Методы прохождения через критическую энергию. Исключение прохождения через критическую энергию методом модуляции дисперсионной функции. Комплексное значение критической энергии. Структуры с отрицательным momentum compact factor. Коррекция динамической апертурой.

13. Особенности кольцевых ускорителей поляризованных частиц, физические программы.

Поляризационные резонансы в ускорителях поляризованных частиц. Собственные резонансы и резонансы несовершенств. Методы прохождения через резонансы и сохранение поляризации. Управление направлением поляризации пучков в ускорителе.

14. Накопительные кольца для поиска электрического дипольного момента протона, дейтрона.

Использование ускорителей для исследования электрического дипольного момента протона и дейтрона. Метод «замороженного» и «квази-замороженного» спина. Структура накопительного кольца для измерения ЭДМ. Полностью электростатическое и электромагнитное кольцо-накопитель для поиска ЭДМ. Декогеренция спина в окрестности нулевого поляризационного резонанса. Методы сохранения поляризации при измерении ЭДМ. Систематическая ошибка измерения ЭДМ и методы уменьшения ее вклада.

15. Синхротронные источники 4-го поколения, основные их характеристики. Методы получения электронных пучков с эмиттансом порядка нанометра.

Специализированные ускорители для генерации синхротронного излучения (СИ). Основные признаки синхротрона для синхротронного излучения: большой ток, малый

эммиттанс, высокая яркость. Деление источников синхротронного излучения на «поколения». Виглеры и ондуляторы. Равновесное значение эммиттанса электронного пучка. Эффект Тушека. Дифракционный предел. Синхротронный источник «Сибирь-2» и ESRF, сравнение. Магнитооптические структуры на основе double-bend achromat, multi-bend achromat. Синхротронный источник 4-го поколения. Области использования синхротронных источников.

16. Ускорительные комплексы будущего, коллективные методы ускорения, ионно-плазменные ускорители.

Кильватерный принцип ускорения. Диэлектрический кильватерный ускоритель. Плазменный ускоритель. Лазерно-плазменный ускоритель. Пучково-плазменный ускоритель. Лазерные электронный и фотонный плазменные коллайдеры. Пучковый электрон-позитронный плазменный коллайдер. Возбуждение кильватерного поля в плазме протонами. Структура ускорителя CLIC.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Физическая кинетика

Цель дисциплины:

Дать студентам знания, необходимые для описания различных физических явлений в области приложений классической и квантовой статистической физики, и методы построения соответствующих математических моделей. Показать соответствие системы постулатов, положенных в основу статистической физики, существующим экспериментальным данным, что позволяет считать теорию достоверной в области её применимости. Дать навыки, позволяющие понять адекватность теоретической модели соответствующему физическому явлению и определить пределы её применимости.

Задачи дисциплины:

- Изучение математического аппарата как классической, так и квантовой статистической физики;
- изучение методов решения задач как классической, так и квантовой статистической физики;
- изучение методов описания макроскопических систем частиц и их термодинамических свойств, в том числе систем, взаимодействующих с внешними полями;
- овладение студентами методов классической и квантовой статистической физики для описания свойств различных конкретных физических систем.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Постулаты и принципы как классической, так и квантовой неравновесной статистической физики, методы описания макроскопических систем частиц различной природы;
- основные методы математического аппарата систем многих частиц, включая формализм чисел заполнения (метод вторичного квантования) и метод статистического усреднения операторов;
- основные методы решения задач классической и квантовой неравновесной статистической физики идеальных систем, включая вычисление кинетических коэффициентов и времён релаксации;

- основные методы решения задач о неравновесных квантовых слабонеидеальных систем, включая неравновесные уравнения Гинзбурга-Ландау;

- методы описания свойств самоорганизующихся систем, включая теорию математическую теорию борьбы за существования.

уметь:

- Применять постулаты и принципы неравновесной статистической физики для описания конкретных макроскопических систем;
- пользоваться аппаратом вторичного квантования и методом статистического усреднения операторов для решения задач квантовых систем многих частиц;
- использовать основные методы классической и квантовой неравновесной статистической физики идеальных систем и слабонеидеальных для постановки и решения реальных задач;
- применять методы описания теории сосуществования нескольких видов в условиях их борьбы за выживание.

владеть:

- Основными методами математического аппарата как классической, так и квантовой статистической физики;
- навыками теоретического анализа реальных задач, связанных как со свойствами макроскопических систем различной природы, так и с их неравновесными свойствами.

Темы и разделы курса:

1. Математический аппарат

Случайные процессы. Марковские цепи. Пропагатор. Уравнения Эйнштейна-Колмогорова. Численные алгоритмы Монте-Карло.

2. Броуновское движение.

Уравнение Ланжевена броуновской частицы. Случайные силы. Корреляторы. Среднеквадратичное смещение в классическом и квантовом пределе. Соотношение Эйнштейна.

3. Кинетика электронов. Кинетическое уравнение Больцмана в тау-приближении. Интеграл столкновений при рассеянии электронов на примесях в металле.

Вычисление остаточного сопротивления. Термоэлектрические явления в металле и полупроводнике, диссипативная функция Рэлея, симметрия кинетических коэффициентов. Электрон-электронные столкновения и их вклад в сопротивление металла. Интеграл столкновений при рассеянии электронов в металле на фононах в приближении Блоха и зависимость электросопротивления и теплопроводности от температуры. Тензор электропроводности металла в магнитном поле. Эффект Холла.

4. Кинетика газов и жидкости. Кинетическое уравнение Больцмана для одноатомных газов.

Свойства интеграла столкновений. Вывод уравнений гидродинамики. Законы сохранения и потоки энергии, энтропии. Тензор плотности потока импульса. Равновесное и локально-

равновесное распределение. Условие применимости гидродинамики. Теплопроводность и вязкость. Поглощение звука.

5. Кинетика фононов. Кинетическое уравнение для фононов.

Теплопроводность диэлектрика в тау-приближении. Процессы переброса. Рассеяние фононов на дефектах решетки. Рассеяние фононов на границах диэлектрика. Температурное поведение теплопроводности в ди-

электрике.

6. Плазма. Уравнения Власова

Бесстолкновительная плазма. Диэлектрическая проницаемость. Затухание Ландау. Спектр плазмонов.

7. Квантовая кинетика

Неравновесная матрица плотности. Квантовое уравнение Лиувилля. Уравнения Линдблада. Теория линейного отклика Кубо. Запаздывающая, причинная и опережающая функции Грина. Вывод кинетического уравнения для электронов, рассеивающихся на примесях.

8. Кинетика зародышеобразования

Фазовые переходы первого рода. Метастабильные состояния и зародыши новой фазы. Классическая и квантовая кинетика образования зародышей.

9. Неупорядоченные среды

Прыжковая проводимость Мотта в полупроводниках. Кулоновская щель и закон Шкловского–Эфроса. Слабая локализация. Теория протекания. Критерий локализации Андерсона.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Физическая культура

Цель дисциплины:

Сформировать мировоззренческую систему научно-практических знаний и отношение к физической культуре.

Задачи дисциплины:

Для достижения поставленной цели предусматривается решение следующих воспитательных, образовательных, развивающих и оздоровительных задач:

- понимание социальной роли физической культуры в развитии личности и подготовке ее к профессиональной деятельности;
- знание научно- биологических и практических основ физической культуры и здорового образа жизни;
- формирование мотивационно-ценностного отношения к физической культуре, установки на здоровый стиль жизни, физическое самосовершенствование и самовоспитание, потребности в регулярных занятиях физическими упражнениями и спортом.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Материал раздела предусматривает овладение студентами системой научно-практических и специальных знаний, необходимых для понимания природных и социальных процессов функционирования физической культуры общества и личности, умения их адаптивного, творческого использования для личностного и профессионального развития, самосовершенствования, организации здорового стиля жизни при выполнении учебной, профессиональной и социокультурной деятельности. Понимать роль физической культуры в развитии человека и подготовке специалиста.

уметь:

Использовать физкультурно-спортивную деятельность для повышения своих функциональных и двигательных возможностей, для достижения личных жизненных и профессиональных целей.

владеть:

Системой практических умений и навыков, обеспечивающих сохранение и укрепление здоровья, развитие и совершенствование психофизических способностей и качеств (с выполнением установленных нормативов по общей физической и спортивно-технической подготовке).

Темы и разделы курса:

1. ОФП (общая физическая подготовка)

Физическая подготовленность человека характеризуется степенью развития основных физических качеств – силы, выносливости, гибкости, быстроты, ловкости и координации.

Идея комплексной подготовки физических способностей людей идет с глубокой древности. Так лучше развиваются основные физические качества человека, не нарушается гармония в деятельности всех систем и органов человека. Так, к примеру, развитие скорости должно происходить в единстве с развитием силы, выносливости, ловкости. Именно такая слаженность и приводит к овладению жизненно необходимыми навыками.

Физические качества и двигательные навыки, полученные в результате физических занятий, могут быть легко перенесены человеком в другие области его деятельности, и способствовать быстрому приспособлению человека к изменяющимся условиям труда быта, что очень важно в современных жизненных условиях.

Между развитием физических качеств и формированием двигательных навыков существует тесная взаимосвязь.

Двигательные качества формируются неравномерно и неодновременно. Наивысшие достижения в силе, быстроте, выносливости достигаются в разном возрасте.

Понятие о силе и силовых качествах.

Люди всегда стремились быть сильными и всегда уважали силу.

Различают максимальную (абсолютную) силу, скоростную силу и силовую выносливость. Максимальная сила зависит от величины поперечного сечения мышцы. Скоростная сила определяется скоростью, с которой может быть выполнено силовое упражнение или силовым приемом. А силовая выносливость определяется по числу повторений силового упражнения до крайней усталости.

Для развития максимальной силы выработан метод максимальных усилий, рассчитанный на развитие мышечной силы за счет повторения с максимальным усилием необходимого упражнения. Для развития скоростной силы необходимо стремиться наращивать скорость выполнения упражнений или при той же скорости прибавлять нагрузку. Одновременно растет и максимальная сила, а на ней, как на платформе, формируется скоростная. Для развития силовой выносливости применяется метод «до отказа», заключающийся в непрерывном упражнении со средним усилием до полной усталости мышц.

Чтобы развить силу, нужно:

1. Укрепить мышечные группы всего двигательного аппарата.

2. Развить способности выдерживать различные усилия (динамические, статические и др.)

3. Приобрести умение рационально использовать свою силу.

Для быстрого роста силы необходимо постепенно, но неуклонно увеличивать вес отягощений и быстроту движений с этим весом. Сила особенно эффективно растет не от работы большой суммарной величины, а от кратковременных, но многократно интенсивно выполняемых упражнений. Решающее значение для формирования силы имеют последние попытки, выполняемые на фоне утомления. Для повышения эффективности занятий рекомендуется включать в них вслед за силовыми упражнениями упражнения динамические, способствующие расслаблению мышц и пробуждающие положительные эмоции – игры, плавание и т.п.

Уровень силы характеризует определенное морфофункциональное состояние мышечной системы, обеспечивающей двигательную, корсетную, насосную и обменную функции.

Корсетная функция обеспечивает при определенном мышечном тоне нормальную осанку, а также функции позвоночника и спинного мозга, предупреждая такие распространенные нарушения и заболевания как дефекты осанки, сколиозы, остеохондрозы. Корсетная функция живота играет важную роль в функционировании печени, желудка, кишечника, почек, предупреждая такие заболевания как гастрит, колит, холецистит и др. недостаточный тонус мышц ног ведет к развитию плоскостопия, расширению вен и тромбофлебиту.

Недостаточное количество мышечных волокон, а значит, снижение обменных процессов в мышцах ведет к ожирению, атеросклерозу и другим неинфекционным заболеваниям.

Насосная функция мышц («мышечный насос») состоит в том, что сокращение либо статическое напряжение мышц способствует передвижению венозной крови по направлению к сердцу, что имеет большое значение при обеспечении общего кровотока и лимфотока. «Мышечный насос» развивает силу, превышающую работу сердечной мышцы и обеспечивает наполнение правого желудочка необходимым количеством крови. Кроме того, он играет большую роль в передвижении лимфы и тканевой жидкости, влияя тем самым на процессы восстановления и удаления продуктов обмена. Недостаточная работа «мышечного насоса» способствует развитию воспалительных процессов и образованию тромбов.

Таким образом нормальное состояние мышечной системы является важным и жизненно необходимым условием .

Уровень состояния мышечной системы отражается показателем мышечной силы.

Из этого следует, что для здоровья необходим определенный уровень развития мышц в целом и в каждой основной мышечной группе – мышцах спины, груди, брюшного пресса, ног, рук.

Развитие мышц происходит неравномерно как по возрастным показателям , так и индивидуально. Поэтому не следует форсировать выход на должный уровень у детей 7-11 лет. В возрасте 12-15 лет наблюдается значительное увеличение силы и нормативы силы на порядок возрастают. В возрасте 19-29 лет происходит относительная стабилизация, а в 30-39 лет – тенденция к снижению. При управляемом воспитании силы целесообразно в 16-18 лет выйти на нормативный уровень силы и поддерживать его до 40 лет.

Необходимо помнить, что между уровнем отдельных мышечных групп связь относительно слабая и поэтому нормативы силы должны быть комплексными и относительно простыми при выполнении. Лучшие тесты – это упражнения с преодолением массы собственного тела, когда учитывается не абсолютная сила, а относительная, что позволяет сгладить разницу в абсолютной силе, обусловленную возрастно-половыми и функциональными факторами.

Нормальный уровень силы – необходимый фактор для хорошего здоровья, бытовой, профессиональной трудоспособности.

Дальнейшее повышение уровня силы выше нормативного не влияет на устойчивость к заболеваниям и рост профессиональной трудоспособности, где требуется значительная физическая сила.

Гибкость и методика ее развития.

Под гибкостью понимают способность к тах по амплитуде движениям в суставах. Гибкость - морфофункциональное двигательное качество. Она зависит:

- от строения суставов;
- от эластичности мышц и связочного аппарата;
- от механизмов нервной регуляции тонуса мышц.

Различают активную и пассивную гибкость.

Активная гибкость - способность выполнять движения с большой амплитудой за счет собственных мышечных усилий.

Пассивная гибкость - способность выполнять движения с большой амплитудой за счет действия внешних сил (партнера, тяжести). Величина пассивной гибкости выше показателей активной гибкости.

В последнее время получает распространение в спортивной литературе термин “специальная гибкость” - способность выполнять движения с большой амплитудой в суставах и направлениях, характерных для избранной спортивной специализации. Под “общей гибкостью”, в таком случае, понимается гибкость в наиболее крупных суставах и в различных направлениях.

Кроме перечисленных внутренних факторов на гибкость влияют и внешние факторы: возраст, пол, телосложение, время суток, утомление, разминка. Показатели гибкости в младших и средних классах (в среднем) выше показателей старшеклассников; наибольший прирост активной гибкости отмечается в средних классах.

Половые различия определяют биологическую гибкость у девочек на 20-30% выше по сравнению с мальчиками. Лучше она сохраняется у женщин и в последующей возрастной периодике.

Время суток также влияет на гибкость, с возрастом это влияние уменьшается. В утренние часы гибкость значительно снижена, лучшие показатели гибкости отмечаются с 12 до 17 часов.

Утомление оказывает существенное и двойственное влияние на гибкость. С одной стороны, к концу работы снижаются показатели силы мышц, в результате чего активная гибкость уменьшается до 11%. С другой стороны, снижение возбуждения силы способствует восстановлению эластичности мышц, ограничивающих амплитуду движения. Тем самым повышается пассивная гибкость, подвижность увеличивается до 14%.

Неблагоприятные температурные условия (низкая температура) отрицательно влияют на все разновидности гибкости. Разогревание мышц в подготовительной части учебно-тренировочного занятия перед выполнением основных упражнений повышает подвижность в суставах.

Мерилом гибкости является амплитуда движений. Для получения точных данных об амплитуде движений используют методы световой регистрации: кино съемку, циклографию, рентгено-телевизионную съемку и др. Амплитуда движений измеряется в угловых градусах или в сантиметрах.

Средства и методы:

Средством развития гибкости являются упражнения на растягивания. Их делят на 2 группы: активные и пассивные. Активные упражнения:

- однофазные и пружинистые (сдвоенные, строенные) наклоны;
- маховые и фиксированные;
- статические упражнения (сохранение неподвижного положения с максимальной амплитудой).

Пассивные упражнения: поза сохраняется за счет внешних сил. Применяя их, достигают наибольших показателей гибкости. Для развития активной гибкости эффективны упражнения на растягивание в динамическом режиме.

Общее методическое требование для развития гибкости - обязательный разогрев (до потоотделения) перед выполнением упражнений на растягивание.

Взаимное сопротивление мышц, окружающих суставы, имеет охранительный эффект. Именно поэтому воспитание гибкости должно с запасом обеспечивать требуемую амплитуду движений и не стремиться к предельно возможной степени. В последнем случае это ведет к травмированию (растяжению суставных связок, привычным вывихам суставов), нарушению правильной осанки.

Мышцы малорастяжимы, поэтому основной метод выполнения упражнений на растягивание - повторный. Разовое выполнение упражнений не эффективно. Многократные выполнения ведут к суммированию следов упражнения и увеличение амплитуды становится заметным. Рекомендуется выполнять упражнения на растягивание сериями по 6-12 раз, увеличивая амплитуду движений от серии к серии. Между сериями целесообразно выполнять упражнения на расслабление.

Серии упражнений выполняются в определенной последовательности:

- для рук;
- для туловища;
- для ног.

Более успешно происходит воспитание гибкости при ежедневных занятиях или 2 раза в день (в виде заданий на дом). Наиболее эффективно комплексное применение упражнений на растягивание в следующем сочетании: 40% упражнений активного характера, 40% упражнений пассивного характера и 20% - статического. Упражнения на растягивание можно включать в любую часть занятий, особенно в интервалах между силовыми и скоростными упражнениями.

В младшем школьном возрасте преимущественно используются упражнения в активном динамическом режиме, в среднем и старшем возрасте - все варианты. Причем, если в младших и средних классах развивается гибкость (развивающий режим), то в старших классах стараются сохранить достигнутый уровень ее развития (поддерживающий режим). Наилучшие показатели гибкости в крупных звеньях тела наблюдаются в возрасте до 13-14 лет.

Заканчивая рассмотрение развития физических качеств в процессе физического воспитания, следует акцентировать внимание на взаимосвязи их развития в школьном возрасте. Так, развитие одного качества способствует росту показателей других физических качеств. Именно эта взаимосвязь обуславливает необходимость комплексного подхода к воспитанию физических качеств у школьников.

Значительные инволюционные изменения наступают в пожилом и старческом возрасте (в связи с изменением состава мышц и ухудшением упруго-эластических свойств мышц и связок). Нужно противодействовать регрессивным изменениям путем использования специальных упражнений с тем, чтобы поддерживать гибкость на уровне, близком к ранее достигнутому.

Выносливость.

Выносливость определяет возможность выполнения длительной работы, противостояния утомлению. Выносливость решающим образом определяет успех в таких видах спорта, как лыжи, коньки, плавание, бег, велоспорт, гребля.

В спорте под словом «выносливость» подразумевается способность выполнять интенсивную мышечную работу в условиях недостатка кислорода. Разные люди по-разному справляются со спортивными нагрузками. Кому-то они достаются легко, кому-то с напряжением, так как все зависит от индивидуальной устойчивости человека к кислородной недостаточности.

Кислородная недостаточность возникает при значительной физической нагрузке. Не успевая получить из атмосферного воздуха необходимый кислород, организм спортсмена вырабатывает энергию за счет анаэробных реакций, при этом образуется молочная кислота. Для восстановления нарушенного равновесия и используется получаемый после финиша «кислородный долг». Ученые установили, что, чем выше кислородный долг после предельной работы, тем он обладает большими возможностями работать в бескислородных условиях.

Секрет выносливости – в направленной подготовке организма. Для развития общей выносливости необходимы упражнения средней интенсивности, длительные по времени, выполняемые в равномерном темпе. С прогрессивным возрастанием нагрузки по мере усиления подготовки.

В значительной мере выносливость зависит от деятельности сердечно-сосудистой, дыхательных систем, экономным расходом энергии. Она зависит от запаса энергетического субстрата (мышечного гликогена). Запасы гликогена в скелетных мышцах у нетренированных людей составляет около 1,4%, а у спортсменов – 2,2%. В процессе тренировки на выносливость запасы гликогена значительно увеличиваются. С возрастом выносливость заметно повышается, на при этом следует учитывать не только календарный, но и биологический возраст.

Чем выше уровень аэробных возможностей, то есть выносливость, тем лучше показатели артериального давления, холестерина обмена, чувствительности к стрессам. При понижении выносливости повышается риск ишемических болезней сердца, появления злокачественных новообразований.

Ловкость и методы ее воспитания.

Под ловкостью подразумевается способность человека к быстрому овладению новыми движениями или к быстрой перестройке двигательной деятельности в соответствии с требованиями внезапно изменившейся ситуации.

Воспитание ловкости связано с повышением способности к выполнению сложных по координации движений, быстрому переключению от одних двигательных актов к другим и с выработкой умения действовать наиболее целесообразно в соответствии с внезапно изменившимися условиями или задачами (т.е. способность быстро, точно и экономно решать сложную двигательную задачу).

Координирующие способности:

- 1) способность координировать движения при построении действия;
- 2) способность перестроить их для изменения параметров действия или переключение на другое действие при изменении условий.

Ловкость характеризуется координацией и точностью движений. Координация движений - основной компонент ловкости: способность к одновременному и последовательному согласованному сочетанию движений. Она зависит от четкой и соразмерной работой мышц, в которой строго согласованы различные по силе и времени мышечные напряжения.

Некоторые авторы определяют координацию движений по-разному, акцентируя внимание на одной из ее сторон. Н.А. Бернштейн, принимая во внимание внешнюю сторону координации движений, определяет ее как преодоление избыточных ступеней свободы движущегося органа, т.е. превращение его в управляемую систему. Звено тела движется по равнодействующей внутренних, внешних и реактивных сил. Центральная нервная система получает от проприорецепторов движущегося органа информацию об отклонении его траектории от “надлежащей” и вносит соответствующие поправки в эффекторный процесс. Данный принцип координирования он назвал принципом сенсорной коррекции.

Ведущее место принадлежит ЦНС. Создание сложнейших координаций, необходимых для осуществления трудных задач, происходит за счет высокой пластичности нервных процессов, обуславливающих быстрое переключение с одних реакций на другие и создание новых временных связей (Н.В. Зимкин, 1970).

Ловкость в значительной степени зависит от имеющегося двигательного опыта. Владение разнообразными двигательными умениями и навыками положительно сказывается на функциональных возможностях двигательного анализатора. Следовательно, ловкость можно считать проявлением дееспособности функциональных систем управления движением и распределения энергозатрат.

К основным факторам, определяющим ловкость, относятся: деятельность ЦНС, богатство динамических стереотипов, степень развития систем, умение управлять мышечным тонусом, полноценность восприятия собственных движений и окружающей обстановки. Все эти факторы тесно взаимосвязаны.

Ловкость может измеряться временем овладения или выполнения двигательного действия (мин, с), координационной сложностью выполняемого действия (оценка элементов в гимнастике из 8,9 и 10 баллов), точностью выполняемого действия (слалом - количество сбитых флажков, акробатика - высота, группировка, градусы в поворотах, устойчивость в приземлении), результатом (прыжки в высоту с шестом-м, см).

Средства развития ловкости.

Наиболее эффективным средством считают следующие упражнения: гимнастические, акробатические, легкоатлетические, спортивно-игровые, единоборства, горнолыжные. У акробатов и гимнастов высока точность движений, и зависит она от уровня спортивной подготовленности. Эта зависимость проявляется в точности оценки пространственно-временных интервалов и дозирования мышечных усилий. Гимнастические и акробатические упражнения развивают анализаторные системы, повышают вестибулярную устойчивость (особенно ТСО: лопинг, качели, батут, гимнастическое колесо), улучшают координационные возможности занимающихся. Специально подобранные ОРУ на согласование и точность движений особенно эффективны для воспитания координации движений рук.

Тройной прыжок, прыжки с шестом, в длину и высоту способствуют развитию прежде всего координации движений занимающихся. Наиболее эффективным и доступным средством воспитания ловкости у занимающихся являются подвижные и спортивные игры. Они развивают координацию, точность и соразмерность движений, анализаторные системы. В спортивно-игровых упражнениях приобретаются навыки быстрых и эффективных движений в неожиданно сложившейся ситуации.

Упражнения в единоборствах развивают ловкость. Бокс, борьба, фехтование развивают точность и быстроту реакции. Они формируют такие тонкие ощущения, как “чувство дистанции”, “чувство времени”, расширяя тем самым двигательные возможности человека. Варьирование тактических условий в спортивных играх и единоборствах способствует своевременной перестройке двигательной деятельности.

Скоростные спуски, слалом выполняются в непрерывно меняющихся условиях и также способствуют развитию ловкости.

Методика воспитания ловкости.

Общими методическими требованиями в процессе обучения является “новизна” упражнений и постепенное повышение их координационной сложности. Для развития ловкости можно использовать любые новые упражнения или изученные упражнения с элементами новизны. Это обучение новому должно осуществляться постоянно. Простое повторение изученных упражнений не ведет к развитию ловкости, а длительные перерывы

приводят к потере способности обучаться (при длительных перерывах мастера спорта проигрывают I-разрядникам по времени освоения нового элемента). Автоматизация динамического стереотипа аналогична, в известной степени, скоростному барьеру и не способствует развитию ловкости.

Постепенное повышение координационной трудности упражнения может заключаться в повышении требований:

- 1) к точности движений;
- 2) к их взаимной согласованности;
- 3) к внезапности изменения обстановки.

Методические приемы, с помощью которых реализуются общие методические положения:

- выполнение I раз показанных комплексов ОРУ или несложных гимнастических и акробатических элементов;
- выполнение упражнений оригинальным (необычным) способом (выполнение подъема не силой, а махом; преодоление препятствий нетрадиционным способом);
- зеркальное выполнение упражнения (соскок в “чужую” сторону, метание или прыжок “чужой” ногой или толчок “чужой” рукой);
- применение необычных исходных положений (прыжки или бег спиной вперед). Приемы необычных двигательных заданий развивают способность быстро обучаться новым движениям, т.е. “тренируют тренированность ЦНС”;
- изменение скорости или темпа движений;
- изменение пространственных границ (увеличение размеров препятствий или высоты снаряда, уменьшение площадок для игры);
- введение дополнительных движений (опорный прыжок с последующим кувырком или поворотом в воздухе);
- изменение последовательности выполняемых движений (элементов в комбинации);
- комплексирование видов деятельности (ходьба и прыжки, бег и ловля);
- выполнение движений без зрительного анализатора.

Данные методические приемы повышают координационную сложность упражнений. Координация движений зависит от точности движений, устойчивости вестибулярного аппарата, умения расслаблять мышцы.

Точность и соразмерность движений - это способность выполнять их в максимальном соответствии с требуемой формой и содержанием. Они предполагают наличие не только точно согласованной мышечной деятельности, но и тонких кинестезических, зрительных ощущений и хорошей двигательной памяти. Соответствие пространственных параметров действия заданному эталону достигается взаимосвязью пространственной, временной и динамической точности движений в различных двигательных действиях.

Воспитание точности обеспечивается систематическим развивающим воздействием на восприятие и анализ пространственных условий, а одновременно и на управление пространственными параметрами движений.

Рекомендуемые методические приемы и подходы:

- ОРУ на точность движений по командам;
- разметка дистанции, постановка дополнительных ориентиров в прыжках или соскоках;
- метание по цели (на указанное расстояние, в корзину, по мишени);
- прыжки и соскоки на точность приземления (0,5 x 0,5 м);
- бег с различной величиной и частотой шага;
- сочетание контрастных заданий (метание на разные расстояния или предметов разного веса на одно расстояние, удары по воротам с 10 и 20 м);
- улучшение пространственн

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Физические методы исследований

Цель дисциплины:

- ознакомление обучающихся с основными принципами современных физических методов исследования молекулярных систем и их практическая подготовка к дальнейшей самостоятельной работе в области энергетики, физики живых систем, материаловедении, технологии наноматериалов;
- ознакомление студентов с основными физическими и физико-химическими методами количественных и качественных исследований объектов (веществ, молекулярных систем, материалов, сред, плазмы и др.)

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний и представлений о фундаментальных законах и основных методах исследования физико-химических свойств и структуры сложных веществ, в том числе смесей биологического происхождения, а также овладение методологией основных методов физических исследований физических химических и биологических объектов;
- ознакомление студентов с принципами и подходами современных физических методов исследования молекулярных систем;
- приобретение студентами теоретических знаний, практических умений и навыков в области современных физических методов исследования молекулярных систем;
- оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных теоретических и экспериментальных исследований различных систем.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- численные порядки величин, характерные для различных разделов физики, химии, химической физики;
- принципы и методы построения сложных измерительных систем;
- понятия шум, помеха, погрешность измерения, виды шумов и погрешностей, стратегии измерения;
- методы обработки экспериментальных данных;

- методы исследования равновесных и неравновесных систем;
- основные физические методы исследования молекулярных систем, их характеристики;
- основные аналитические характеристики измерительных систем.
- базовую терминологию, относящуюся к физико-химическим методам исследования,
- классификацию физических методов исследования,
- основные понятия и законы, лежащие в основе различных методов.

уметь:

- абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- обеспечить и оценить достоверность получаемых результатов;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- работать на современном, в том числе и уникальном экспериментальном оборудовании;
- планировать оптимальное проведение сложного эксперимента;
- получить наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценить степень их достоверности;
- выяснить источники погрешностей проведённых измерений и рассчитать погрешность окончательных результатов;
- на этапе измерений, до обработки результатов измерений современными компьютерными методами, от руки быстро и грамотно построить необходимые графики, которые покажут, правильно ли работала аппаратура, разумно ли выбран диапазон измерений и т.п.;
- пользоваться справочной литературой научного и прикладного характера для быстрого поиска необходимых физико-химических данных и понятий;
- определять количественные параметры химических реакций, процессов и объектов в зависимости от заданных экспериментальных условий.

владеть:

- навыками самостоятельной работы в лаборатории на сложном экспериментальном оборудовании;

- навыками освоения большого объёма информации;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- элементарными навыками работы в современной физико-химической лаборатории;
- навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления их с теоретическими и табличными данными;

Темы и разделы курса:

1. Общие проблемы измерения.

1. Методы измерений: отклонений, разностный, нулевой. Стратегии измерений: когерентные и случайные выборки, мультиплексирование.

2. Погрешности аналоговых и цифровых измерительных устройств. Систематические и случайные ошибки. Источники ошибок.

3. Помехи, шумы. Характеристики измерительных систем: чувствительность; порог обнаружения; разрешающая способность; динамический диапазон; нелинейность, полоса пропускания.

4. Статистические и спектральные характеристики случайных величин. Функция распределения случайной величины.

5. Преобразование сигналов. Частотный спектр. Преобразование Фурье. Модуляция.

2. Оптическая спектроскопия.

1. Поглощение света веществом. Закон Ламберта-Бугера-Бэра.

2. Спектры поглощения, испускания и рассеяния.

3. Радиационное время жизни и истинное время жизни возбужденного состояния. Интенсивность спектральных линий. Форма и ширина спектральной линии. Естественное, доплеровское и столкновительное уширение спектральных линий. Аппаратная ширина линии.

4. Равновесное тепловое излучение. Формула Планка. Яркостная, цветовая и радиационная пирометрия. Источники излучения в различных спектральных диапазонах. Примеры источников равновесного и неравновесного излучения.

5. Приемники излучения на основе внешнего фотоэффекта. Принцип действия фотоэлектронного умножителя (ФЭУ). Приемники излучения на основе внутреннего фотоэффекта. Шумы и порог чувствительности детекторов электромагнитного излучения. Квантовый выход. Приемники излучения для различных спектральных диапазонов.

6. Классы спектральных приборов: спектроскопы, спектрографы, монохроматоры, полихроматоры. Диспергирующие элементы спектральных приборов: призма, дифракционная решетка, интерферометр. Разрешающая способность спектральных приборов.

7. Спектральные диапазоны и соответствующие им степени свободы в молекулярных системах. Вращательные спектры и микроволновая спектроскопия. Модель жесткого

ротатора. Колебательные спектры и инфракрасная спектроскопия. Гармонический и ангармонический осцилляторы. Колебания многоатомных молекул. Колебательно-вращательные переходы в двухатомной молекуле. Электронные переходы и спектроскопия в видимом и ультрафиолетовом диапазонах. Диссоциационный предел спектра. Определение энергии диссоциации. Спектроскопия комбинационного рассеяния. Спектральные методы измерения температуры в неравновесных системах.

3. Лазерная спектроскопия.

1. Когерентное оптическое усиление в активной среде. Пороговая инверсная заселенность уровней. Устройство лазера. Газовые, твердотельные, жидкостные лазеры.

2. Модовый состав лазерного излучения. Перестройка частоты лазерного излучения. Генерация коротких импульсов: методы модуляции добротности и самосинхронизации мод.

3. Преимущества применения лазеров в качестве источников света в спектроскопии.

4. Абсорбционный, внутрирезонаторный, оптико-акустический и флуоресцентный методы лазерной спектроскопии.

4. Измерение давления и вакуумная техника.

1. Физические границы низкого, высокого и сверхвысокого вакуума. Различные режимы течения газа. Процессы переноса при различных давлениях и температурах: диффузия, эффузия (температурная транспирация), вязкость, теплопроводность.

2. Проводимость элементов вакуумных систем. Методы получения вакуума. Классификация вакуумных насосов по принципу их действия. Напуск газа в вакуумную камеру.

3. Измерение давления в вакуумных системах. Механические, тепловые и ионизационные манометры, принципы их действия. Физические ограничения диапазонов применимости различных манометров.

4. Течи в вакуумной системе. Влияние натекания на скорость откачки и предельный вакуум. Методы обнаружения течей.

5. Стационарные и импульсные методы получения высоких давлений. Методы измерения высоких давлений. Механические и пьезоэлектрические датчики давления.

5. Масс-спектрометрия.

1. Метод масс-спектрометрического анализа. Единицы измерения массы: а.е.м., Дальтон, Томпсон. Блок-схема масс-спектрометра. Аналитические характеристики масс-спектрометра: точность измерения масс, разрешающая способность, динамический диапазон, порог детектирования, чувствительность.

2. Методы ионизации: ионизация электронным ударом, химическая ионизация, фотоионизация, полевая ионизация, полевая десорбция, бомбардировка быстрыми атомами, матричная лазерная ионизация десорбцией (MALDI), электроспрей. Молекулярные, осколочные, квазимолекулярные ионы. Метастабильные ионы.

3. Методы детектирования ионов.

4. Масс-анализаторы: принципы действия, разрешающая способность. Секторный магнитный масс-анализатор, квадрупольный масс-анализатор, квадрупольные ионные ловушки, времяпролетный масс-анализатор, масс-спектрометр ионно-циклотронного резонанса с преобразованием Фурье.

5. Решение структурных задач методами масс-спектрометрии. Тандемная масс-спектрометрия. Селекция ионов. Методы фрагментации ионов.

6. Комбинации масс-спектрометра с жидкостным и газовым хроматографами. Применения масс-спектрометрии для решения задач биологии, химии, анализа окружающей среды, фармакологии, построения систем безопасности.

6. Хроматография.

Хроматографическое разделение смеси веществ. Физическая и химическая адсорбция. Адсорбционно-десорбционное равновесие. Изотермы адсорбции. Изотермы Ленгмюра, Генри, полислойной адсорбции. Кинетика адсорбции-десорбции в потоке газа-носителя. Концепция теоретических тарелок. Закон распределения Нернста. Ширина и форма хроматографического пика. Принципиальное устройство и схема работы хроматографа. Аналитические характеристики хроматографической системы и отдельных её элементов. Набивные и капиллярные хроматографические колонки, их параметры. Оптимальные размеры и разрешение хроматографической колонки. Устройство газового хроматографа. Детекторы. Зависимость времени удерживания от температуры. Хроматография с программируемым нагревом.

Жидкостная хроматография. Градиентное элюирование. Устройство жидкостного хроматографа. Детекторы в жидкостной хроматографии.

7. Радиоспектроскопия.

Магнитные моменты электрона, ядер и атомов. ЯМР-активные ядра. Спин в постоянном магнитном поле. Магнитный момент и Ларморова прецессия. Поглощение энергии ВЧ-поля системой ядерных спинов. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса. Химический сдвиг: константа экранирования, единицы измерения, эквивалентные ядра. Спин-спиновое взаимодействие, спектры первого порядка, простые правила интерпретации сверхтонкой структуры. Применение метода ЯМР для исследования структуры молекул. Обменные явления: медленный и быстрый обмен. Принципиальная схема ЯМР-спектрометра. Требования к однородности постоянного магнитного поля; способы минимизации аппаратного уширения линий. Интенсивность и ширина линий спектра ЯМР. Продольная (спин-решеточная) и поперечная (спин-спиновая) релаксация. Основы динамических методов ЯМР: 90° - и 180° -импульсы; фурье-спектроскопия ЯМР.

Спектроскопия электронного парамагнитного резонанса. Сверхтонкая структура спектра ЭПР. Структурные и динамические характеристики вещества, определяемые методами ЭПР. Принципиальная схема ЭПР-спектрометра. Особенности регистрации сигналов ЭПР: волноводы и резонаторы, низкочастотная модуляция поляризуемого магнитного поля, запись спектров в виде производной. Сопоставление частотных диапазонов ЭПР и ЯМР.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Физические основы диагностики низкотемпературной плазмы

Цель дисциплины:

- формирование базовых знаний по физическим основам диагностики низкотемпературной плазмы для дальнейшего использования в других областях физического знания, дисциплинах естественнонаучного содержания и научно-исследовательской работе;
- формирование физической культуры, исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся базовых знаний по физическим основам диагностики низкотемпературной плазмы;
- формирование общефизической культуры;
- формирование умений и навыков применять полученные знания для решения физических задач, самостоятельного анализа полученных результатов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- физические основы диагностики макрочастиц в низкотемпературной плазме.

уметь:

- объяснять принципы диагностики макрочастиц в низкотемпературной плазме;
- представлять область применимости методов диагностики и их экспериментальную реализацию.

владеть:

- различными оптическими и зондовыми методами диагностики макрочастиц в низкотемпературной плазме.

Темы и разделы курса:

1. Комплекс диагностики низкотемпературной плазмы с макрочастицами.

Диагностический комплекс. Зондовые методы. Метод полного поглощения и обобщенный метод обращения. Метод апертурной прозрачности. Метод корреляционной спектроскопии. Спектрометрический метод. Методы диагностики упорядоченных структур.

2. Лазерные методы диагностики макрочастиц в низкотемпературной плазме.

Метод оптической визуализация макрочастиц. Двухцветовой лазерный счетчик. Применение оптических счетчиков для измерений макрочастиц. Диагностика частиц в потоке термической плазмы. Определение температуры макрочастиц по их смещению. Определение коэффициента диффузии и кинетической температуры макрочастиц методом корреляции фотонов. Дифракция оптического излучения на пространственно-упорядоченных структурах макрочастиц.

3. Определение параметров макрочастиц в низкотемпературной плазме из измерений рассеяния и поглощения света.

Основные положения теории элементарного рассеяния света. Применение теории Ми для измерений макрочастиц в термической плазме. Модельный метод решения задач теории элементарного рассеяния.

4. Определение средних размеров, концентрации и показателя преломления макрочастиц в низкотемпературной плазме методом апертурной прозрачности.

Метод апертурной прозрачности. Основные уравнения. Влияние показателя преломления на измерение ослабления при малых апертурных углах фотоприемника. Влияние экспериментальных ошибок на восстановление размера и показателя преломления частиц. Применение апертурного метода для определения размеров и концентраций частиц в оптически плотных средах. Коррекция многократного рассеяния в измерениях ослабления света при различных апертурных углах фотоприемника. Экспериментальный анализ корректировочных факторов.

5. Спектрорадиометрический метод определения параметров макрочастиц в низкотемпературной плазме

Определение температуры макрочастиц с использованием аппроксимаций спектральной излучательной способности. Основные уравнения. Спектральная зависимость вероятности выживания кванта. Ошибки определения температуры частиц при использовании спектральной аппроксимации излучательной способности. Определение средних размеров и комплексного показателя преломления макрочастиц. Одновременное определение нескольких параметров макро-частиц в плазме. Спектрометрический метод. Границы применимости спектрометрического метода. Погрешность восстановления параметров макрочастиц спектрометрическим методом

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Физические основы квантовых вычислений

Цель дисциплины:

ознакомить студентов с одним из основных направлений развития квантовых технологий – квантовыми вычислениями.

Задачи дисциплины:

научить студентов ориентироваться в основных физических платформах и алгоритмах для обработки и передачи квантовой информации.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основы квантовой физики, области применения квантовых технологий, основы квантовых вычислений, физические платформы, на которых реализованы квантовые вычислители и сенсоры, реализацию алгоритмов и измерений на них.

уметь:

объяснять основные процессы в квантовой физике атомов и молекул и в квантовой оптике, квантовых вычислений.

владеть:

математическим аппаратом квантовой механики, относящимся к квантовым вычислениям и измерениям.

Темы и разделы курса:

1. Введение в квантовые технологии

Модели классических вычислений. Физические ограничения существующих классических вычислительных платформ. Закон Мура и принцип Ландауэра. Общее введение в квантовые технологии: квантовые вычисления, квантовые коммуникации и квантовые

сенсоры (обзор). Необходимые сведения их области квантовой физики. Физика двухуровневых квантовых систем.

2. Введение в квантовую теорию информации

Принцип Ландауэра и парадокс демона Максвелла в контексте квантовой теории информации. Физические основы квантовых вычислений: принцип суперпозиции (интерференция), принцип неопределенности, эволюция квантовых систем в представлении Шредингера и Гейзенберга. Основные понятия квантовой теории информации, квантовая суперпозиция и запутанность. Теорема о запрете клонирования.

3. Принципы и модели квантовых вычислений

Обратимые и необратимые вычисления. Принцип Черча-Тьюринга и Черча-Тьюринга-Дойча. Концепция квантового компьютера как универсального симулятора. Принципы квантовых вычислений: кубиты и квантовые вентили (гейты). Различные типы квантовых вычислительных устройств. Цифровые квантовые компьютеры, универсальных набор квантовых вентилях (гейтов). Адиабатические квантовые вычисления. Обзор существующих платформ для квантовых вычислений. Атомные, оптические и твердотельные системы. Квантовое превосходство. Критерии ДиВинченцо. Квантовые вычислительные схемы на основе ультрахолодных атомов.

4. Обзор квантовых алгоритмов

Краткий обзор квантовых алгоритмов: алгоритм Дойча, алгоритм Гровера и др. Концепция квантовых симуляторов. Цифровые и аналоговые квантовые симуляторы. Цифровые квантовые симуляторы для квантовой химии (расчет параметров простых молекул с использованием существующих квантовых компьютеров).

5. Квантовые вычисления на основе ультрахолодных атомов

Принципы квантовых вычислений на основе ультрахолодных нейтральных атомов. Концепция ридберговской блокады. Нативные гейты для атомной платформы. Обзор современных экспериментов.

6. Квантовые симуляторы на основе ультрахолодных атомных газов

Квантовые симуляторы на основе ультрахолодных атомных газов. Вывод модели Хаббарда. Контроль параметров модели Хаббарда в квантовом симуляторе (туннелирование и взаимодействие). Анализ модели Хаббарда с использованием квантовых симуляторов на основе ультрахолодных атомов. Фазовая диаграмма. Анализ модели Изинга. Симулятор для модели Изинга с помощью ультрахолодных атомных газов в оптических потенциалах (использование ридберговских атомов для квантовых симуляторов модели Изинга).

7. Квантовые симуляторы с дальнедействующим взаимодействием

Квантовые симуляторы с дальнедействующим взаимодействием (диполь-дипольное взаимодействие в ультрахолодных атомах и полярных молекулах). Роль дальнедействующего (диполь-дипольного) взаимодействия при построении квантовых симуляторов.

8. Квантовые вычисления на основе ионов в ловушках

Принципы квантовых вычислений на основе ионов в ловушках. Нативные гейты для ионной платформы. Обзор современных экспериментов с ионами в ловушках.

9. Обработка и передача информации с помощью квантово-оптических систем

Обработка и передача информации с помощью квантово-оптических систем. Основные преимущества и недостатки квантовых вычисления с использованием квантово-оптических систем. Схема KLM-схема. Протоколы квантовых коммуникаций и постобработка в протоколах квантовых коммуникаций (исправление ошибок и усиление секретности).

10. Топологические квантовые вычисления

Концепция топологических квантовых вычислений. Необходимые понятия из области топологии. Вопросы геометрических и топологических фаз и голономий, роли анионов в реализации топологических вычислений и коррекции ошибок.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Физические основы экологически чистых источников энергии

Цель дисциплины:

- освоение студентами основ описания переноса излучений и газов в различных средах и системах;
- ознакомление с основными положениями кинетической теории, введение в описание терминологии;
- ознакомление с основными физическими принципами описания процессов переноса.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области физики переноса массы и энергии на основе кинетического уравнения Больцмана;
- обучение студентов основным методам и подходам, используемым в кинетической теории, изучение базовых принципов кинетической теории, основанной на уравнении Больцмана;
- формирование подходов, основанных на конечно-разностных аппроксимациях оператора адвекции кинетического уравнения, расщепление кинетического уравнения по физическим процессам. Дискретная реализация начальных и граничных условий.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- принципы и методы физики проникающих излучений и газов в задачах ядерных технологий.

уметь:

- на основе общих физических принципов решать основные учебные задачи физики переноса.

владеть:

- основами экспериментальных и теоретических методов анализа физических процессов переноса проникающих излучений и газов в средах.

Темы и разделы курса:

1. Введение в дисциплину.

Краткая историческая справка о возникновении и развитии проблемы радиационной безопасности и противорадиационной защиты. Предмет изучения, круг рассматриваемых вопросов. Значение и роль дисциплины в различных областях использования ядерной энергии.

2. Виды ядерных излучений.

Виды ядерных излучений, степень их опасности и значимости в проблеме радиационной безопасности и защиты ЯЭУ. Поток (флюенс) частиц, плотность потока, единицы измерения. Поглощенная доза, мощность поглощенной дозы, единицы измерения. Эквивалентная поглощенная доза, коэффициенты качества (весовые множители) различных видов излучения, группы критических органов (тканевые весовые множители), мощность дозы, единицы измерения, эквивалентная доза смешанного облучения.

3. Основные физические характеристики газа.

Молекулярные потенциалы. Бинарные столкновения и длина свободного пробега молекул. Критерии разреженности газа. Элементарная теория процессов переноса в газе. Функция распределения молекулярных скоростей. Определение макропараметров газа по функции распределения. Газ в состоянии термодинамического равновесия.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Физические реализации кубитов

Цель дисциплины:

Дать студентам знания о существующих реализациях кубитов в различных физических системах и методах их описания и применения. Эти знания охватывают все основные типы кубитов реализованных в физических системах, а также способы их рассмотрения, включая описание как слабых, так и сильных взаимодействий различных частей системы.

Задачи дисциплины:

- изучить основные квантовые алгоритмические ресурсы: когерентность и запутанность;
- изучение способов описания потери когерентности в кубитах;
- изучение способов манипуляций единичными кубитами и парами кубитов в различных системах;
- изучение особенностей реализаций квантовых алгоритмов для каждого типа кубитов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные принципы описания кубитов;
- основные принципы создания систем, которые могут функционировать в режиме кубитов;
- основные типы физических реализаций кубитов на настоящий момент;
- основные особенности реализаций квантовых алгоритмов в различных кубитных и кудитных системах.

уметь:

- находить величины времен релаксации в физических реализациях кубитов;
- выбирать подходящие способы реализаций квантовых алгоритмов;
- адаптировать квантовые алгоритмы с учетом особенностей реальных экспериментальных условий.

владеть:

- методами вычисления времен релаксации в кубитах;
- основными методами описания динамики кубитов при наличии внешних полей;
- методами описания системы взаимодействующих кубитов.

Темы и разделы курса:

1. Введение.

Основные квантовые ресурсы: когерентность и запутанность. Свойства двухуровневых квантовых систем. Элементарные квантовые операции.

2. Теория возмущения.

Представление взаимодействия. Взаимодействие кубита с внешним окружением. Вывод времен T_1 и T_2 для бозонного резервуара.

3. Взаимодействие кубита с внешним классическим полем.

Ядерный магнитный резонанс. Однокубитные операции. Двухкубитное взаимодействие. Спиновое эхо и динамическое распутывание. Рамзи интерферометрия.

4. Квантовые вычисления на локализованных электронных спинах в квантовых точках.

Основные принципы квантовых вычислений на локализованных электронных спинах в квантовых точках.

5. Алгоритм факторизации Шора.

Алгоритм факторизации Шора на ядерных магнитных спинах в молекулах.

6. Спиновые кубиты.

Спиновые кубиты на основе донорных атомов фосфора в кремнии.

7. Квантовые точки. Зарядовые кубиты.

Синглетно-триплетные кубиты в двойных квантовых точках. Кубиты на тройных квантовых точках с перестраиваемым спектром.

8. Квантовые вычисления на основе локализованных атомов и ионов в оптических резонаторах.

Осцилляции Раби. Модель Джеймса-Камминга.

9. Центры окраски в алмазах.

Практическая реализация алгоритмов оценки фазы. Простейшие коды коррекции ошибок.

10. Введение в сверхпроводимость.

Теория БКШ. Спектр возбуждений.

11. Эффект Джозефсона.

Феноменологическое и микроскопическое описание эффекта Джозефсона.

12. Сверхпроводящие квантовые кубиты.

Сверхпроводящие квантовые кубиты, зарядовые и потоковые кубиты.

13. Сверхпроводящие микроволновые резонаторы.

Трансмоны. Дисперсионный сдвиг и считывание состояния кубита. Резонатор-индуцированное взаимодействие между кубитами.

14. Основные каналы распада трансмона.

Эффект Парселя. Диэлектрические и радиационные потери. Оптимизация дизайна.

15. Описание динамики двухуровневых систем.

Феноменологический учет процессов релаксации и декогеренции. Уравнение Линблада. Квантовые каналы.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Физическое материаловедение

Цель дисциплины:

Цель изучения дисциплины «Физическое материаловедение» состоит в изучении и понимании основ науки о материалах, получении навыков работы с диаграммами фазового состояния, умении их правильно интерпретировать и решать задачи синтеза требуемых материалов, в том числе материалов с заданными свойствами.

Задачи дисциплины:

- повторение основ физики твердого тела;
- изучение основ кристаллографии;
- изучение основ фазовых равновесий и диаграмм фазового состояния;
- изучение основных методов синтеза и исследования твердых тел;
- получить навыки работы и исследования твердых тел.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основы физики и химии конденсированного состояния, основы кристаллографии, основы фазовых равновесий и диаграмм фазового состояния, основные методы синтеза и исследования твердых тел.

уметь:

анализировать поставленную задачу по получению требуемых материалов, правильно выбирать пути и методы их получения, определять необходимые и достаточные методы контроля этапов получения.

владеть:

навыками работы с научным оборудованием для исследования свойств твердых тел.

Темы и разделы курса:

1. Электронная структура атомов

Электронная структура атомов. Химическая связь и валентность. Типы сил связи в конденсированном состоянии: Ван дер Ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.

Химическая связь и ближний порядок. Структура вещества с ненаправленным взаимодействием. Примеры кристаллических структур, отвечающих плотным упаковкам шаров: простая кубическая, ОЦК, ГЦК, ГПУ, структура типа CsCl, типа NaCl, структура типа перовскита CaTiO₃.

Основные свойства ковалентной связи. Структура веществ с ковалентными связями. Гибридизация атомных орбиталей в молекулах и кристаллах. Структура типа алмаза и графита.

2. Кристаллическое строение твердых тел

Кристаллические и аморфные твердые тела. Трансляционная инвариантность. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Ячейка Вигнера – Зейтца. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Обратная решетка, ее свойства. Зона Бриллюэна. Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции. Операции (преобразования) симметрии.

Элементы теории групп, группы симметрии. Возможные порядки поворотных осей в кристалле. Пространственные и точечные группы (кристаллические классы). Классификация решеток Бравэ.

3. Точечные дефекты, их образование и диффузия. Дифракция в аморфных веществах

Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и междоузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки.

Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Роль дислокаций в пластической деформации.

Распространение волн в кристаллах. Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле. Дифракция в аморфных веществах.

4. Основы электронной теории кристаллов

Основы электронной теории кристаллов. Квантовая теория свободных электронов. Зонная теория металлов.

Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Полуметаллы.

5. Фазовые равновесия

Фазовые равновесия. Общие понятия о фазах и фазовых равновесиях. Однокомпонентные системы. Фазовые переходы. Давление насыщенных паров. Тройная точка. Правило фаз. Термодинамические стимулы фазовых превращений. Физические явления при фазовых превращениях. Условия стабильности фаз. Изменение электрических свойств при фазовых превращениях.

6. Диаграммы фазового равновесия

Диаграммы фазового равновесия.

Однокомпонентные диаграммы фазового равновесия, их построение и использование в науке и технике. Двухкомпонентные диаграммы фазового равновесия.

Диаграмма с полной взаимной растворимостью компонентов в жидком и твердом состояниях. Диаграмма с расслоением твердого раствора. Диаграмма с наличием упорядочения. Диаграммы с наличием трехфазного равновесия (их классификация).

7. Виды диаграмм фазового равновесия

Диаграммы с эвтектическим и эвтектоидным равновесиями. Диаграммы с монотектическим и монотектоидным равновесием. Диаграмма с метатектическим равновесием. Диаграммы с перитектическим и перитектоидным равновесиями. Диаграмма с синтектическим равновесием. Диаграммы с промежуточными фазами.

8. Анализ сложных диаграмм фазового равновесия

Анализ сложных диаграмм фазового равновесия. Фазовые равновесия в трехкомпонентных системах.

9. Структура и структурно-фазовое состояние материалов

Структура и структурно-фазовое состояние материалов. Расплавы металлов и сплавов. Жидкое состояние. Характеристика жидкого состояния. Структура расплавов. Связь структурных парциальных факторов с физическими и физико-химическими свойствами расплавов. Классификация расплавов. Ассоциированные растворы. Формирование структуры при затвердевании расплава. Контролируемое затвердевание расплава. Затвердевание с искривленной поверхностью раздела. Затвердевание эвтектики. Затвердевание перитектики. Образование сегрегаций примесей при затвердевании. Методы воздействия на расплав.

10. Методы синтеза. Рост кристаллов

Методы синтеза. Рост кристаллов. Контейнерные методы выращивания кристаллов. Бесконтейнерные методы.

11. Методы исследования твердых тел

Методы исследования твердых тел. Термические методы. Дифракционные методы. Методы электронной микроскопии.

12. Материалы с заданными свойствами

Материалы с заданными свойствами. Сверхпроводимость и кристаллическая структура. Высокотемпературные сверхпроводники.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Физическое моделирование с помощью среды Matlab

Цель дисциплины:

Формирование навыков обработки данных и моделирования физических систем с помощью современных вычислительных инструментов (MATLAB) для дальнейшего использования в прикладных областях научной и инженерной деятельности; формирование информационной культуры, исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины:

- Формирование у обучающихся базовых знаний по основам численного моделирования;
- формирование навыков использования высокопроизводительных современных расчётных инструментов на примере среды MATLAB;
- формирование информационной культуры: умение логически мыслить, проводить доказательства основных утверждений, устанавливать логические связи между понятиями;
- формирование умений и навыков применять полученные знания для решения задач теоретического и экспериментального характера, самостоятельного анализа полученных результатов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Принципы устройства языка MATLAB;
- используемые приёмы и методы написания программ в среде MATLAB.

уметь:

- выбирать оптимальные алгоритмы для решения задач физического моделирования;
- разрабатывать полные законченные программы в среде MATLAB;
- разрабатывать программы в среде MATLAB как индивидуально, так и в команде;
- применять функциональный, традиционный и шаблонный подходы для написания программ;

– использовать знания по информатике для приложения в научно-инновационной, конструкторско-технологической и производственно-технологической сферах деятельности.

владеть:

- языком программирования средой разработки MATLAB;
- методами решения вычислительных задач с использованием подключаемых пакетов;
- инструментами сбора данных, предоставляемыми средой MATLAB;
- методами обработки экспериментальных данных и их способами их визуального представления;
- навыком самостоятельного изучения любых новых для себя областей применения MATLAB на основе знаний о принципах его устройства.

Темы и разделы курса:

1. Знакомство со средой MATLAB

Интерфейс программной среды MATLAB. Командная строка. Типы данных. MATLAB-скрипты и MATLAB-функции. Области видимости переменных. Вектора, матрицы, разреженные матрицы, многомерные массивы, операции над ними. Визуализация данных: графики, линии и поверхности постоянного уровня, векторные поля, гистограммы, элементы анимации.

2. Алгоритмы линейной алгебры

проблема представления вещественных чисел в памяти машины. Приближение вычислений в

арифметике с плавающей точкой. Основные задачи линейной алгебры: Методы решения систем линейных алгебраических уравнений, задач на собственные значения и задачи о сингулярном разложении матрицы. QR-разложение и проблема поиска корней полиномов высоких степеней. Прямые и итерационные методы для задач линейной алгебры. Число обусловленности матрицы.

3. Оптимизационные задачи (МНК, CG, нелинейная оптимизация)

Представление об оптимизационных задачах и методы их решения. Метод наименьших квадратов, метод сопряженных градиентов, методы Ньютона для нелинейных задач.

4. Дискретизация непрерывных задач

Формирование алгебраической задачи из заданной непрерывной интегро-дифференциальной задачи. Численное интегрирование и дифференцирование. Решение систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Проецирование задачи в заданный функциональный базис. Быстрое дискретное преобразование Фурье. Интерполяция и сплайны, B-сплайны.

5. Уравнения в частных производных

Дискретизация частных производных на регулярных сетках. Проблема задания граничных условий. Работа с разреженными матрицами. Адаптивная триангуляция двумерных задач и метод конечных элементов. Формирование матриц дифференциальных операторов для функций, заданных на триангуляционных сетках. Визуализация расчётов на триангуляционных сетках.

6. Обработка экспериментальных данных

Применение оптимизационных методов к задаче о наименьших квадратах в контексте аппроксимации экспериментальных данных заданной функциональной зависимостью. Вычисление погрешностей найденных параметров аппроксимирующей функции, учёт погрешности входных данных. Реализация критериев хи-квадрат, Колмогорова-Смирнова. Элементы обработки сигналов и изображений. Пороговая, пространственная и частотная фильтрации.

7. Использование MATLAB для сбора данных и управления оборудованием

Знакомство с возможностями MATLAB в области автоматизированного сбора данных и управления экспериментальным оборудованием. Аппаратные и логические интерфейсы используемые при подключении оборудования к компьютеру. Скорость сбора и передачи данных. Особенности цифровой регистрации данных. Теорема Котельникова.

8. Проект

Решение учащимися творческой задачи расчётного характера с применением методов, освоенных в рамках курса.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Физическое моделирование

Цель дисциплины:

- предоставить студентам реальные практические задачи научной лаборатории и помощь в их решении и продемонстрировать методы нахождения ответов на научные вопросы с помощью численного моделирования.

Задачи дисциплины:

- научить основным методам и пакетам численного моделирования;
- привить навыки быстрой работы с программным обеспечением и быстрой обработки эксперимента;
- научить грамотно и качественно представлять результаты проделанной учебной (научной) работы в виде постера и/или отчета.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные методы численного моделирования.

уметь:

решать научные задачи с помощью численного моделирования и грамотно и качественно представлять результаты проделанной учебной (научной) работы в виде постера и/или отчета.

владеть:

опытом работы в разных пакетах численного моделирования.

Темы и разделы курса:

1. Вводная лекция

Вводная лекция: различные пакеты и инструкции по установке.

2. Решение задач из задачника

Решение задач:

1. Механика, Молекулярная физика, Электричество и магнетизм.

Пакет LIon (LAMMPS) - пакет для моделирования классической динамики частиц методом молекулярной динамики, Win+Ub, Python или MATLAB.

2. Атомная физика, квантовая физика

Пакеты MEDWED, QuTiP - моделирование квантовой динамики систем с затуханием, Win+Ub, C++, Python.

3. Электричество и магнетизм, оптика

Пакеты CST Software, COMSOL MATLAB - численная симуляция полей в заданных конфигурациях с заданными граничными и/или начальными условиями, Win+Ub.

4. Оптика

Пакеты Algodoo, WinLens - визуализация оптических лучей, линз, зеркал и тд.

5. Физика твёрдого тела

Пакеты C++, Python, MATLAB, WM - численное решение диф. кинетических уравнений.

3. Обработка данных (все темы)

Обработка данных: написать скрипт для обработки данных на C++/ Python/ MATLAB/ WM.

4. Оформление рисунков и постеров

Оформление рисунков и постеров: сделать постер/чертеж к одной из решаемых задач/собственному пакету моделирования.

5. Моделирование методом Монте-Карло

Обработка данных: написать скрипт для обработки данных.

6. Аналитические вычисления

Аналитические вычисления. Вычисление дипольных матричных элементов перехода/матрицы перехода/поворота и т. д. ...

7. Оформление результатов работы в LaTeX

Оформление результатов работы в LaTeX.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Философские проблемы взаимодействия России и мира

Цель дисциплины:

Целью изучения данной дисциплины является развитие самостоятельного, критического мышления обучающихся и глубокой мировоззренческой культуры, опирающейся на выработанные европейской философской традицией рациональные принципы, а также формирование навыков поиска интерпретаций современных проблем и дискурсов: адекватно ставить и решать широкий спектр научно-технических, социально-экономических и нравственно-гуманистических проблем

Задачи дисциплины:

сформировать представление об общих методологических принципах современных естественных и социально-гуманитарных наук на основе описания динамики естественных наук и их особых типов рациональности;

познакомить с базовыми принципами современной научной парадигмы;

сформировать у обучающихся навыки оформления научных исследований в форме статей и докладов на основе указанных методологических принципов;

научить грамотной аргументации научной гипотезы с опорой на методологический аппарат философии и гуманитарных наук;

дать обучающимся основные сведения о специфике философского мировоззрения, показать особенности философского знания, его структуру, функции, основные проблемы;

рассмотреть основные этапы истории философии через призму базовых концептов современной науки, а также показать значение таких философских разделов, как онтология, гносеология, философия культуры, философская антропология, социальная философия для формирования научной методологии.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

исходные философские принципы, категории, термины и специфику подхода философии и гуманитарной науки к изучению общества и культуры;

философские концепции личности и фундаментальные программы реализации самоизменений в истории философии.

уметь:

применять техники постановки проблем (формирование навыков проблемного мышления);
использовать философское знание для понимания межкультурного взаимодействия.

владеть:

способностью применения философских идей для построения публичного выступления.
способностью конструировать собственное философское мировоззрение.

Темы и разделы курса:**1. Динамика естественных наук и типы научной рациональности**

Классическая наука и механистическая картина мира: редукционизм, детерминизм, разделение объекта и познающего субъекта. Неклассическая наука и квантово-релятивистская картина мира: природа как сложная динамическая система, индетерминизм, 3 уровня организации – микро, макро и мегамиры, наблюдатель внутри природы. Постнеклассическая наука и эволюционно-синергетическая картина мира: нелинейность, иерархия сложности, познание как «идеал исторической реконструкции» и как «человекообразный процесс», включение ценностных, этических и социальных факторов

2. Базовые принципы современного естествознания

Глобальный эволюционизм: утверждение всеобщности принципа эволюции по ступеням – космическая, химическая, биологическая, психосоциальная, культурная. Признаки: рост сложности, разнообразия, способности накапливать энергию. Системность связи неживой природы, живой природы и человека. Признаки: взаимодействие элементов, иерархичность, наличие эмерджентных свойств. Самоорганизация (от неживых систем до человеческой культуры). Признаки: чередование устойчивости и неравновесности, точки бифуркации, рождение систем более высокого уровня организации. Относительность разделения на субъект и объект. Признаки: «диалог с природой», включение в объект ценностных, этических и социальных факторов.

3. Два класса наук – «науки о природе» и «науки о культуре»: тенденция к их сближению

В. Дильтей о различиях методологии естественных и гуманитарных наук. Неокантианцы В. Виндельбанд и Г. Риккерт: науки о природе и науки о культуре. Ценности и оценки.

4. Философские аспекты глобального эволюционизма, системности и нелинейности (самоорганизации)

Этапы эволюции духовной культуры: мистика (200 тыс. лет назад), искусство (40 тыс. лет), мифология (10 тыс. лет), философия (2500 лет), мировые религии (2000-1300 лет), наука (400 лет), идеология (200 лет). Философские системы – субъективные рациональные системные картины мира. Стадии развития отраслей культуры: зарождение, становление, расцвет, инерционность, упадок. Новая точка бифуркации.

5. «Осевое время»: рождение рациональности и индивидуальности. Философия как горизонт постижения мира: Древняя Индия, Древний Китай и Древняя Греция

Цель философии – познание истины. Философы – авангард, прорывающийся к новизне. Особенности философских систем Древней Индии, Древнего Китая, Древней Греции. Философская формула рациональности

6. Первый круг развития философии: античная философия

Сократ – родоначальник философии: философская формула Сократа: Счастье = Мудрость = Добродетель = Удовольствие. Философия Платона: 2 мира – мир идей (сверхчувственный) и мир чувственный. Философия Аристотеля. Структура знания: физика, метафизика, логика, этика, риторика, политика.

7. Принципы самосозидания античного человека

Филогенетическое развитие человечества и эволюция культуры на определенном этапе приводят к осознанию существования триединства «Творчество ↔ Поиск истины ↔ Поиск смысла». Роль самотворчества в становлении индивидуальности в Античности. Система духовных упражнений: «научиться жить», «научиться общению с Другим», «научиться умирать».

8. Второй круг развития философии: средневековая философия. Реализм и номинализм

От «Исповеди» Бл. Августина к «Сумме теологии» Фомы Аквинского: философия – служанка богословия. Реализм и номинализм. «Бритва Оккама».

9. Третий круг развития философии: философия Нового времени. Теория познания как цель философии: английский эмпиризм и континентальный рационализм

Теория познания как цель философии. Английский эмпиризм: «идолы» Ф. Бэкона, первичные и вторичные качества Д. Локка, скептицизм Д. Юма; Континентальный рационализм: ясность и отчетливость идей Р. Декарта, монады Г. Лейбница.

10. Значение немецкой классической философии для создания научной картины мира

Агностицизм И. Канта: «рассудок предписывает законы природе». Объективный идеализм Г. Гегеля: «все действительное разумно, все разумное – действительно».

11. Иррационализм и позитивизм как два направления развития постклассической философии

Воля и бессознательное как движущие силы истории: философские системы А. Шопенгауэра, Ф. Ницше, А. Гартмана. Позитивизм как философия науки. Кризис европейской философии.

12. Этапы позитивизма как философии науки

Позитивизм О. Конта. Неопозитивизм XX в.: Б. Рассел и К. Поппер. Постпозитивизм: Т. Кун, И. Лакатос, М. Полани., П. Фейерабенд.

13. Философия культуры: предмет, функции и типы культур

Культура как предмет философского познания. Функции культуры. Исторические типы культур, понятие цивилизации как социокультурной системы: любой отдельный социокультурный мир (А. Тойнби), высший уровень культурной идентичности (Хантингтон) или эпоха заката (О. Шпенглер). Отличия культур Востока и Запада. Особенности российской цивилизации

14. Философия постмодернизма как отражение упадка европейской культуры

Отказ от линейности и детерминизма в трактовке социальных процессов (замена традиционного концепта «История» концептом «Постистория» - «эпоха комментариев» М. Фуко)). Отказ от универсальных законов развития и ориентация на плюрализм. Признание множественности реальностей — виртуальных реальностей, возможности создания гиперреальности, единицей которой выступает симулякр (Ж. Бодрийяр). Исчезновение субъекта, который отныне выступает не столько как творец, сколько как комбинатор отдельных элементов.

15. Перспективы современной науки

Наука как эволюционный процесс. Противоречия современной науки

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Фононы и электроны в металлах

Цель дисциплины:

Ознакомить студентов с базовыми понятиями квантовой теории твердых тел и одновременно обсудить ряд конкретных физических явлений. В первой части курса речь идет о фононных свойствах кристаллов с учетом ангармонизма и взаимодействий. Во второй части курса рассматриваются электронные свойства металлов, кинетические эффекты, поведение электронной системы в магнитном поле. Основным используемым в курсе техническим инструментом является кинетическое уравнение.

Задачи дисциплины:

Познакомить студентов с основными понятиями и идеями в этой области, с постановкой задач и подходами к их решениям. Предполагается, что, прослушав этот курс, студенты смогут читать и понимать текущую научную периодику в этой области.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия по теме дисциплины.

уметь:

- пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования, решать задачи по теме дисциплины.

владеть:

- математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

Темы и разделы курса:

1. Фононы в кристаллах
1. Фононный спектр.

Динамическая матрица.

Дисперсионное уравнение.

Длинноволновый предел.

Акустические и оптические моды.

Сингулярности Ван Хофа (в плотности состояний).

2. Диэлектрическая проницаемость.

Частотная зависимость диэлектрической проницаемости.

Поляритоны. Соотношение Лиддана–Сакса–Теллера.

3. Теория упругости для акустических колебаний.

Непрерывная среда.

Тензор модулей упругости.

Дисперсионное уравнение.

4. Ангармонизм и тепловое расширение.

Сдвиг частоты фононов за счёт расширения.

Константа Грюнайзена.

5. Квантование фононов.

Нормальные координаты. Квантование.

Устойчивость решётки относительно флуктуаций.

6. Рассеяние звука на примеси.

Точечные дефекты.

Рэлеевский закон.

7. Кинетика фононного газа.

Волновые пакеты.

Функция распределения.

Интеграл столкновений.

Кинетическое уравнение.

τ -приближение.

Коэффициент теплопроводности и закон Казимира.

8. Взаимодействие фононов.

Ангармонизм и взаимодействие.

Слияния и распады.

N- и U-процессы.

Время свободного пробега от взаимодействия фононов.

9. Температурная зависимость теплопроводности решётки.

Закон Казимира.

Закон Гурджи.

Закон Пайерлса.

10. Рассеяние фононов на примесях.

Время свободного пробега.

Двухступенчатая релаксация.

11. Второй звук.

Гидродинамические уравнения.

Скорость второго звука.

12. Методы рассеяния.

Изучение структурных свойств твёрдых тел методами рассеяния.

Брэгговские пики и сателлиты.

Неупругое рассеяние нейтронов.

Динамический структурный фактор.

Тепловое движение атомов и фактор Дебая–Уоллера.

2. Электроны в металлах

13. Кинетическое уравнение для электронов в металле.

Рассеяние на примесях: проводимость, формула Друде, теплопроводность, закон Видемана–Франца.

14. Процессы рассеяния.

Рассеяние электронов на примесях, рассеяние электронов электронами, рассеяние на фононах.

Закон Блоха–Грюнайзена.

Общая температурная зависимость проводимости и теплопроводности.

15. Кинетическое уравнение в присутствии магнитного поля.

Эффективная масса и циклотронная масса.

Замкнутые и открытые траектории.

Магнитосопротивление.

Эффект Холла (случай слабого и сильного поля).

16. Термоэлектрические и термомагнитные явления.

Принцип симметрии кинетических коэффициентов Онзагера.

Термо-э.д.с.

Эффект Зеебека.

Адиабатический эффект Холла.

Эффект Нернста.

17. Скин-эффект.

Нормальный скин-эффект: толщина скин-слоя, поверхностный импеданс.

Аномальный скин-эффект: концепция неэффективности и упрощённое рассмотрение, решение кин.уравнения.

18. Квантовые эффекты в магнитной восприимчивости.

Парамагнетизм Паули и диамагнетизм Ландау.

Квантовые осцилляции намагниченности (эффект де Гааза-ван Альфена) и проводимости (эффект Шубникова-де Гааза).

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Французский язык

Цель дисциплины:

Формирование межкультурной профессионально ориентированной коммуникативной компетенции на начальном уровне A1+ (A2.1) (по Общеввропейской шкале уровней владения иностранными языками) для решения социально-коммуникативных задач в различных областях бытовой, культурной, профессиональной и научной деятельности при общении с зарубежными партнерами, а также для дальнейшего самообразования.

Задачи дисциплины:

Задачи формирования межкультурной профессионально ориентированной коммуникативной компетенции состоят в последовательном овладении студентами совокупностью субкомпетенций, основными из которых являются:

- лингвистическая компетенция, т.е. умение адекватно воспринимать и корректно использовать единицы речи на основе знаний о фонологических, грамматических, лексических, стилистических особенностях изучаемого языка;
- социолингвистическая компетенция, т.е. умение адекватно использовать реалии, фоновые знания, ситуативно обусловленные формы общения;
- социокультурная компетенция, т.е. умение учитывать в общении речевые и поведенческие модели, принятые в соответствующей культуре;
- социальная компетенция, т.е. умение взаимодействовать с партнерами по общению, вступать в контакт и поддерживать его, владея необходимыми стратегиями;
- стратегическая компетенция, т.е. умение применять разные стратегии для поддержания успешного взаимодействия при устном/письменном общении;
- дискурсивная компетенция, т.е. умение понимать и порождать иноязычный дискурс с учетом культурно обусловленных различий;
- общая компетенция, включающая наряду со знаниями о стране и мире, об особенностях языковой системы также и способность расширять и совершенствовать собственную картину мира, ориентироваться в медийных источниках информации;
- межкультурная компетенция, т.е. способность достичь взаимопонимания в межкультурных контактах, используя весь арсенал умений для реализации коммуникативного намерения;

- компенсаторная компетенция, т.е. способность избежать недопонимания, преодолеть коммуникативный барьер за счет использования известных речевых и метаязыковых средств.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Основные факты, реалии, имена, достопримечательности, традиции франкоязычных стран;
- некоторые достижения, открытия, события из области истории, культуры, политики, социальной жизни франкоязычных стран;
- основные фонетические, лексико-грамматические, стилистические особенности французского языка;
- основные различия письменной и устной речи.

уметь:

- Порождать адекватные в условиях конкретной ситуации общения устные и письменные тексты;
- реализовать коммуникативное намерение с целью воздействия на партнера по общению;
- адекватно понимать и интерпретировать смысл и намерение автора при восприятии устных и письменных аутентичных текстов;
- выявлять сходство и различия в системах родного и иностранного языка;
- проявлять толерантность, эмпатию, открытость и дружелюбие при общении с представителями другой культуры.

владеть:

- Межкультурной профессионально ориентированной коммуникативной компетенцией во всех видах речевой деятельности на уровне A1+ (A2.1);
- социокультурной компетенцией для успешного взаимопонимания в условиях общения с представителями другой культуры;
- различными коммуникативными стратегиями;
- учебными стратегиями для организации своей учебной деятельности;
- стратегиями рефлексии и самооценки в целях самосовершенствования личных качеств и достижений;
- разными приемами запоминания и структурирования усваиваемого материала;
- Интернет-технологиями для выбора оптимального режима получения информации.

Темы и разделы курса:

1. Начинаем изучение французского языка.

Коммуникативные задачи: приветствие, извинение, прощание. Сообщить/запросить персональные данные: имя, возраст, происхождение, место проживания, профессию. Расспросить об имени, род занятий, хобби, контактных данных. Произнести по буквам имя, фамилию. Сообщить номер телефона, номер машины.

Лексика: анкетные данные: имя, возраст, национальность, профессии; числительные, сектор и место работы или учебы. Грамматика: личные местоимения. Спряжение глаголов в настоящем времени. Глаголы avoir, etre, faire. Простое повествовательное предложение. Притяжательные прилагательные.

Вопросительные слова. Мужской и женский род прилагательных.

Фонетика: интонация утвердительных предложений. Интонация вопросительных предложений. Алфавит.

2. Приезд во Францию.

Коммуникативные задачи: представиться на форуме, заполнить анкету, зарегистрироваться в социальных сетях. Рассказать о своих вкусах, интересах. Представить кого-либо. Запросить информацию о ком-нибудь.

Лексика: городские объекты, достопримечательности. Время. Количественные числительные.

Грамматика: спряжение глаголов первой группы. Множественное число существительных и прилагательных. Употребление артиклей. Вопросительные прилагательные.

Фонетика: вопросительная интонация, отрицательная интонация. Звуки.

3. Город. Ориентирование в городе.

Коммуникативные задачи: описать местонахождение объекта, места в городе. Назначить встречу. Определить маршрут движения. Сориентироваться с помощью сайта или навигатора. Спросить дорогу.

Лексика: календарь, праздничные даты. Городские объекты. Достопримечательности.

Грамматика: спряжение глаголов первой и третьей группы в настоящем времени. Повелительное наклонение. Числительные от 11 до 1000. Даты. Предлоги места и движения. Слитные формы предлогов a, de с артиклями. Отрицательные предложения.

Фонетика: сцепление и связывание. Звуки.

4. Семья. Вкусы и интересы.

Коммуникативные задачи: встретиться с членами принимающей семьи, расспросить о их привычках, ритме жизни. Спланировать свое время, составить расписание.

Лексика: члены семьи, вкусы, предпочтения. Слова, выражающие количество: un peu, beaucoup, pas de tout...

Грамматика: спряжение местоименных глаголов в настоящем времени. Притяжательные прилагательные. Местоимение ON.

Фонетика: носовые звуки.

5. Продукты питания. Меню. Традиции.

Коммуникативные задачи: пригласить кого-либо, принять приглашение, отказаться от приглашения, обсудить приготовление к празднику, к пикнику, расспросить о традиционной французской кухне.

Лексика: продукты питания, меню, ресторанный этикет. Советы, проблемы.

Грамматика: le futur proche, частичный артикль, выражения количества. Спряжение модальных глаголов в настоящем времени.

Фонетика: носовые звуки, интонация в различных видах предложений.

6. Путешествия.

Коммуникативные задачи: организовать путешествие, найти информацию в буклете, на сайте, обсудить детали с турагентом. Решить проблемы во время путешествия.

Лексика: реклама путешествий, документы для путешествия. Виды транспорта. Погода, метеопрогноз. Фразы – клише для написания письма из поездки.

Грамматика: le passe compose, притяжательные прилагательные, спряжение глаголов 3 группы: partir, dormir, descendre, recevoir.

Фонетика: вербальные группы в passe compose. Звуки.

7. Магазины. Покупки.

Коммуникативные задачи: выбрать одежду, подарки и т.д., сделать покупки в магазине, в интернете. Подарить или принять подарок.

Лексика: прилагательные, обозначающие цвет, одежда, средства оплаты, подарки.

Грамматика: указательные местоимения, степени сравнения прилагательных. Инверсия в вопросах. Спряжение глаголов: acheter, payer, vendre.

Фонетика: пары открытых – закрытых гласных звуков. Сцепление.

8. Поиск работы.

Коммуникативные задачи: познакомиться с кем-то, начать и вести разговор о работе, обмениваться смс с друзьями, написать поздравительную открытку. Телефонный этикет.

Лексика: профессии, качества работника, биографические данные, увлечения. Фразы-клише чтобы поздравить, выразить благодарность, извинения, пожелания.

Грамматика: приглагольные местоимения-дополнения COD, COI. Наречия длительности pendant, depuis.

Фонетика: произношение вербальных групп с местоимением. Звуки.

9. Организация свободного времени.

Коммуникативные задачи: организовать поход в кино, в театр, купить билеты, обсудить спектакль, фильм, выразить свое мнение. Записаться в спортивный клуб. Поговорить о музыке.

Лексика: театр, кино, жанры фильмов, программы телевидения, фразы-клише выражения мнения. Спорт.

Грамматика: imparfait, относительные местоимение qui\que, местоимение EN, наречия частотности. Спряжение глаголов 3 группы: entendre, perdre, mourir.

Фонетика: произношение вербальных групп с EN. Звуки.

10. Квартал. Дом. Квартира.

Коммуникативные задачи: найти квартиру по объявлению, через интернет, обсудить вопрос жилья с агентом по недвижимости. Мебель. Бытовые проблемы.

Лексика: квартал, квартира, комнаты, мебель. Инструкции.

Грамматика: повелительное наклонение местоименных глаголов, местоимение Y. Conditionnel.

Фонетика: произношение вербальных групп в повелительном наклонении.

11. Приглашение друзей.

Коммуникативные задачи: пригласить друзей, обсудить организацию вечеринки, блюда.

Лексика: продукты питания, меню, рецепты, фразы-клише для комплиментов, приглашения, поздравления, пожелания.

Грамматика: косвенная речь в настоящем времени, приглагольные местоимения-дополнения COD, COI (повторение).

Фонетика: сцепление в конструкциях с местоимениями. Звуки.

12. Учеба.

Коммуникативные задачи: рассказать о своей учебе, об успехах и трудностях. Попросить совета, самому дать совет.

Лексика: учебные предметы, студенческие реалии, система образования во Франции.

Грамматика: le futur и выражение длительности в будущем. Герундий. Выделительные конструкции.

Фонетика: беглое “e” в формах будущего времени, носовые звуки.

13. Собеседование. Работа.

Коммуникативные задачи: написать CV, мотивационное письмо, пройти собеседование с работодателем, рассказать о своих желаниях, задать уточняющие вопросы.

Лексика: виды предприятий, секторы экономики, профессиональная карьера, фразы-клише для выражения удовлетворенности\неудовлетворенности.

Грамматика: относительные местоимения qui, que, où. Le subjonctif.

Фонетика: парные согласные звуки.

14. Средства массовой информации.

Коммуникативные задачи: слушать\читать новости, обсудить, прокомментировать информацию, оценить правдивость информации, рассказать новость кому-либо.

Лексика: газетная лексика, политические термины.

Грамматика: пассивный залог, согласование participe passé в роде и числе. Passé immédiat.

Фонетика: произношение форм participe passé.

15. Здоровье. Здоровый образ жизни.

Коммуникативные задачи: проконсультироваться с врачом, рассказать о своем недомогании, болезни, травме, рассказать о занятиях спортом, здоровом питании, дать совет\попросить совета.

Лексика: части тела, ощущения, спортивные термины.

Грамматика: выражения причины, следствия, наречия длительности с прошедшими временами, наречия частотности.

Фонетика: закрытые гласные звуки.

16. Досуг студентов.

Коммуникативные задачи: выбрать, обсудить, сравнить, оценить спектакль, фильм, кафе, ресторан. Заказать столик, купить\забронировать билеты.

Лексика: жанры фильмов, театральная лексика, фразы-клише для общения в кафе\ресторане.

Грамматика: вопросительные местоимения, указательные местоимения celle, celles, celui, seux,.Степени сравнения прилагательных (повторение).

Фонетика: шипящие, свистящие звуки.

17. Решение проблем.

Коммуникативные задачи: описать форму, размер, вес, особенности предметов\людей, разрешить\запретить что-либо, высказать\написать жалобу, протест. Вызвать полицию, пожарников, другие службы.

Лексика: прилагательные, обозначающие цвет, форму, размеры, вес. Фразы-клише для выражения разрешения, запрета, протеста, возмущения.

Грамматика: безличные конструкции, неопределенные прилагательные/местоимения, притяжательные местоимения.

Фонетика: звуки.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Фундаментальные и прикладные проблемы физики переноса проникающих излучений в веществе

Цель дисциплины:

- ознакомление студентов с основами взаимодействия нейтронов и фотонов с веществом;
- ознакомление студентов с типами ядерных реакций, сечений рассеяния, неупругим рассеянием нейтронов, энергетическим порогом реакции, комптоновским рассеянием фотонов, тяжелыми заряженными частицами, ионизационными потерями энергии α -частиц и протонов, коэффициентом торможения вещества.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области физики переноса массы и энергии на основе кинетического уравнения Больцмана;
- обучение студентов основным методам и подходам, используемым в кинетической теории, изучение базовых принципов кинетической теории, основанной на уравнении Больцмана;
- формирование подходов, основанных на конечно-разностных аппроксимациях оператора адвекции кинетического уравнения, расщепление кинетического уравнения по физическим процессам.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- принципы и методы физики переноса проникающих излучений на основе методов кинетической теории Больцмана, получения основных физических характеристик, физические явления, лежащие в основе методов переноса газов излучений в сложных средах и композициях.

уметь:

- исследовать проблемы переноса излучений на основе основных методах противорадиационной защиты.

владеть:

- методами экспериментального и компьютерного моделирования физических процессов переноса проникающих излучений, методами разработки проблемно-моделирующих сред.

Темы и разделы курса:**1. Взаимодействие гамма-квантов с веществом.**

Линейный и массовый коэффициенты ослабления, парциальные составляющие. Фотоэлектрическое поглощение гамма-квантов, сопутствующее рентгеновское и тормозное излучения. Комptonовское рассеяние фотонов, изменение энергии и направления движения (анизотропия рассеяния). Эффект образования пар, пороговый характер сечения, аннигиляционное гамма-излучение. Зависимость указанных процессов от энергии гамма-квантов, заряда ядра. Полный коэффициент ослабления для легких и тяжелых материалов.

2. Взаимодействие заряженных частиц с веществом.

Тяжелые заряженные частицы, ионизационные потери энергии α -частиц и протонов, коэффициент торможения вещества, зависимость среднего пробега от скорости и массы частиц, кривая Брэгга, интегральный и дифференциальный спектры пробегов. Электроны. Радиационные и ионизационные потери энергии, зависимость их от скорости электронов и характеристик вещества, экстраполированная и максимальная длина пробега. Приближенные соотношения для расчета пробега заряженных частиц в веществе.

3. Взаимодействие нейтронов с веществом.

Полное и парциальные сечения взаимодействия нейтронов с ядрами, зависимость от энергии нейтронов и ядра-мишени. Упругое рассеяние нейтронов, сброс энергии и изменение направления движения (анизотропия рассеяния). Средняя логарифмическая потеря энергии, определение числа столкновений для замедления до заданной энергии. Неупругое рассеяние нейтронов, энергетический порог реакции, угловое и энергетическое распределение рассеянных нейтронов, вторичное гамма-излучение. Радиационный захват нейтронов и захват нейтронов без образования вторичного гамма-излучения.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Функциональные методы в квантовой теории поля

Цель дисциплины:

ознакомление с основными идеями и методами функционального подхода к квантовой теории поля.

Задачи дисциплины:

познакомить студентов с основными понятиями и идеями функционального подхода к квантовой теории поля, с постановкой задач и подходами к их решениям. Предполагается, что, прослушав этот курс, студенты смогут использовать методы и подходы этой области в своей научно-исследовательской работе.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия по теме дисциплины.

уметь:

- пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования, решать задачи по теме дисциплины.

владеть:

- математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

Темы и разделы курса:

1. Универсальное описание лагранжева и канонического формализма простейших калибровочных теорий и их локальных симметрий в конденсированных обозначениях.

Конденсированные обозначения ДеВитта в квантовой теории поля. Лагранжев и канонический формализм теории гравитации и полей низших спинов.

2. Лагранжев и канонический формализм эйнштейновской теории гравитации.

Каноническое квантование свободных и взаимодействующих полей, уравнения Швингера-Дайсона и континуальный интеграл.

3. Квантование калибровочных систем со связями, метод эффективного действия, формализм фонового поля.

Теория S-матрицы и редукционные формулы Лемана-Симанцика-Циммермана, эффективное действие, фейнмановская диаграммная техника.

4. Квазиклассическое разложение, древесное и однопетлевое приближения, калибровочные свойства и тождества Уорда.

Канонический и лагранжевы континуальные интегралы Фаддеева-Попова в теории калибровочных полей.

5. Метод ядра теплопроводности: ультрафиолетовые расходимости, аномалии, градиентное разложение в формализме фонового поля.

БРСТ метод. Тождества Уорда и уравнение Зинн-Жустена для эффективного действия.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Функциональный анализ

Цель дисциплины:

Изучение аппарата и методов функционального анализа, которые широко применяются для решения современных задач математической физики, квантовой механики, теории экстремальных задач, оптимального управления, и др.

Задачи дисциплины:

- изучение топологических и метрических пространств, исследование их полноты, сепарабельности, пополнения;
- изучение компактных множеств в топологических и метрических пространствах, овладение методами исследования компактности;
- изучение линейных нормированных пространств, сильной и слабой топологии в них;
- изучение пространств интегрируемых по Лебегу функций и их сопряженных;
- изучение теории линейных ограниченных операторов, в частности, сопряжённых операторов и компактных операторов;
- изучение элементов теории банаховых алгебр и ее приложение к спектральной теории операторов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- определение частично упорядоченного множества, теорему Хаусдорфа о максимальнойности и лемму Цорна
- определения топологического пространства, базы и предбазы топологии, топологические и секвенциальные определения замкнутости и замыкания множеств, непрерывности отображений топологических пространств, и связь между этими определениями;
- определение метрического пространства, определения его полноты и сепарабельности, определение пополнения неполного метрического пространства;
- принцип Банаха сжимающих отображений полного метрического пространства и технику его применения;

- определения топологического, счётного и секвенциального компакта в топологическом пространстве и их связь, критерий Фреше компактности в метрическом пространстве;
- критерии вполне ограниченности множеств в стандартных метрических пространствах, теоремы Арцела – Асколи и Рисса – Колмогорова;
- определения линейного нормированного, банахова и гильбертова пространств, и их свойства;
- стандартные пространства интегрируемых по Лебегу функций и их свойства полноты и сепарабельности;
- определение линейного ограниченного оператора, действующего в нормированных пространствах, определения нормы оператора, пространства линейных ограниченных операторов и его свойства;
- определение пространства, сопряжённого к линейному нормированному пространству, теореме Хана–Банаха, слабую и слабую* топологию, теоремы Мазура и Банаха – Алаоглу;
- пространства, сопряженные к малым лебеговым пространствам и стандартным пространствам интегрируемых по Лебегу функций;
- определение оператора, сопряжённого к линейному ограниченному оператору, и его свойства;
- теоремы Банаха об открытом отображении, обратном операторе и замкнутом графике;
- определение и классификацию компонент спектра линейного ограниченного оператора и его свойства;
- определение компактного оператора и его свойства, теоремы Фредгольма и теореме о спектре компактного оператора;
- определение самосопряжённого оператора в гильбертовом пространстве, теореме Гильберта – Шмидта;
- понятие банаховой алгебры, спектра элемента банаховой алгебры и его свойства, теореме Гельфанда – Мазура;
- определение максимальных идеалов и комплексных гомоморфизмов коммутативной банаховой алгебры и связь между ними, критерий принадлежности комплексного числа спектру элемента коммутативной банаховой алгебры.
- определение преобразования Гельфанда в коммутативной банаховой алгебре, понятие инволюции и коммутативной V^* -алгебры, теореме Гельфанда – Наймарка;
- спектральную теорему для нормального оператора в гильбертовом пространстве и функциональное исчисление нормального оператора;
- критерий собственного значения нормального оператора и свойства собственных векторов нормального оператора со счетным спектром.

уметь:

- исследовать полноту и сепарабельность метрического пространства, строить пополнение неполного метрического пространства;
- исследовать ограниченность, вполне ограниченность и компактность множества метрического пространства;
- исследовать эквивалентность норм в линейном пространстве, и уметь сравнивать топологии, порождённые разными нормами в линейном пространстве;
- вычислять норму и исследовать ограниченность линейного оператора, действующего в нормированных пространствах;
- исследовать различные сходимости последовательности линейных ограниченных операторов: по операторной норме и поточечную;
- вычислять сопряжённый оператор для заданного линейного ограниченного оператора;
- вычислять спектр линейного ограниченного оператора, действующего в банаховом пространстве;
- исследовать компактность линейного ограниченного оператора, действующего в банаховых пространствах;
- вычислять норму самосопряжённого оператора, действующего в гильбертовом пространстве, с помощью его спектрального радиуса;
- вычислять резольвенту компактного самосопряжённого оператора, действующего в гильбертовом пространстве, с помощью теоремы Гильберта–Шмидта;
- вычислять спектр и спектральное разложение нормального оператора в гильбертовом пространстве.

владеть:

- методами исследования полноты, сепарабельности и пополнения метрического пространства;
- методами исследования вполне ограниченности множеств в стандартных метрических пространствах;
- методами вычисления нормы линейного оператора;
- методами вычисления сопряжённого пространства стандартных банаховых пространств;
- методами исследования слабой и слабой* сходимости последовательности в стандартных банаховых пространствах и в сопряжённых к ним;
- методами вычисления сопряжённого оператора для заданного линейного ограниченного оператора, действующего в стандартных банаховых пространствах;
- методами исследования компактности линейного оператора, действующего в стандартных банаховых пространствах;

- методами вычисления спектра и резольвенты линейного ограниченного оператора, действующего в стандартных банаховых пространствах;
- методами вычисления спектра и спектрального разложения нормального оператора в гильбертовом пространстве;
- функциональным исчислением нормального оператора в гильбертовом пространстве.

Темы и разделы курса:

1. Частично упорядоченные множества.

Аксиома выбора. Лемма о неподвижном множестве. Частично упорядоченные множества. Теорема Хаусдорфа о максимальнойности и лемма Цорна.

2. Топологические пространства, база и предбаза топологии.

Топологические пространства, база и предбаза топологии. Критерии базы и предбазы для семейства подмножеств. Топологические и секвенциальные определения замкнутости и замыкания множеств топологического пространства и связь между ними, аксиома счётности. Топологическое и секвенциальное определение непрерывности отображения топологических пространств и связь между ними. Декартово произведение топологических пространств и топология Тихонова в нём.

3. Метрические пространства, полнота, сепарабельность, пополнение.

Метрическое пространство и метрическая топология. Примеры неметризуемых топологий. Полнота метрического пространства, принцип вложенных шаров и теорема Бэра. Сепарабельность метрического пространства, критерий несепарабельности. Пополнение неполного метрического пространства. Теорема Хаусдорфа о существовании пополнения. Принцип Банаха сжимающих отображений в полном метрическом пространстве.

4. Компактные множества в топологических и метрических пространствах.

Топологическая, счётная и секвенциальная компактность множеств топологического пространства и связь между ними. Теорема Александера о предбазе и теорема Тихонова о топологической компактности декартова произведения компактных топологических пространств. Вполне ограниченность множества метрического пространства. Критерий Фреше топологической и секвенциальной компактности множества в метрическом пространстве. Критерии вполне ограниченности множеств в малых лебеговых пространствах. Теорема Арцела–Асколи о вполне ограниченности множества из пространства непрерывных функций, заданных на метрическом компакте.

5. Линейные нормированные пространства и пространства интегрируемых по Лебегу функций.

Линейные нормированные пространства. Лемма Рисса о почти перпендикуляре и теорема Рисса о не вполне ограниченности сферы в бесконечномерном линейном нормированном пространстве. Теорема об эквивалентности норм в конечномерном линейном пространстве. Полнота конечномерного подпространства линейного нормированного пространства. Пространства интегрируемых по Лебегу функций, их полнота и сепарабельность. Критерий

Рисса–Колмогорова о вполне ограниченности множества в пространствах интегрируемых по Лебегу функций.

6. Евклидовы и гильбертовы пространства.

Евклидовы и гильбертовы пространства. Равенство параллелограммов. Теорема о существовании единственной метрической проекции вектора на выпуклое замкнутое множество в гильбертовом пространстве. Ортогональное дополнение подпространства евклидова пространства. Теорема о разложении гильбертова пространства в прямую сумму замкнутого подпространства и его ортогонального дополнения. Полная ортогональная система векторов и ортогональный базис в гильбертовом пространстве. Критерий полноты ортогональной системы векторов в гильбертовом пространстве.

7. Линейные операторы в линейных нормированных пространствах, норма оператора.

Линейные операторы в линейных нормированных пространствах, норма оператора. Пространство линейных ограниченных операторов, нормированное операторной нормой, и его полнота. Теорема Банаха–Штейнгауза и полнота пространства линейных ограниченных операторов относительно поточечной сходимости. Обратный оператор, критерий ограниченности обратного оператора. Теоремы Банаха об открытом отображении, об обратном операторе и о замкнутом графике. Компактные операторы, компактность конечномерного линейного непрерывного оператора. Теорема о приближении компактного оператора конечномерным линейным непрерывным оператором по операторной норме.

8. Сопряжённое пространство, теоремы Хана–Банаха и Рисса–Фреше.

Сопряжённое пространство к линейному нормированному пространству. Теорема Хана–Банаха и её следствия. Теорема об отделимости выпуклых множеств в линейном нормированном пространстве. Теорема Рисса–Фреше об общем виде линейного ограниченного функционала в гильбертовом пространстве. Рефлексивные и нерефлексивные пространства. Рефлексивность гильбертова пространства. Вычисление сопряжённого пространства для пространства интегрируемых по Лебегу функций. Исследование рефлексивности пространств интегрируемых по Лебегу функций.

9. Слабая и слабая* топология.

Слабая топология и слабая сходимость в линейном нормированном пространстве. Теорема Мазура о б эквивалентности сильной и слабой замкнутости выпуклого множества линейного нормированного пространства и её следствия. Критерий слабой сходимости последовательности в линейном нормированном пространстве. Метризуемость слабой топологии на шаре линейного нормированного пространства. Пример фон Неймана неметризуемости слабой топологии на всём пространстве. Слабая* топология и слабая* сходимость в сопряжённом пространстве. Критерий слабой*-непрерывности линейного функционала, действующего на сопряжённом пространстве. Критерий слабой* сходимости последовательности в сопряжённом пространстве. Метризуемость слабой* топологии на шаре сопряжённого пространства. Теорема Банаха–Алаоглу и слабая компактность замкнутого шара в рефлексивном нормированном пространстве.

10. Сопряжённые операторы, спектр оператора.

Оператор, сопряжённый к линейному ограниченному оператору. Равенство норм линейного ограниченного оператора и его сопряжённого. Аннуляторы подпространств линейного нормированного пространства и его сопряжённого, и их свойства. Теоремы

Фредгольма о связи ядра и множества значений оператора и его сопряжённого. Резольвента и резольвентное множество линейного ограниченного оператора в банаховом пространстве. Тождество Гильберта и аналитические свойства резольвенты. Спектр линейного ограниченного оператора в банаховом пространстве и его компоненты. Теорема о непустоте и компактности спектра. Спектральный радиус линейного ограниченного оператора. Теорема о спектральном радиусе.

11. Компактные операторы, теоремы Фредгольма, спектр компактного оператора.

Теорема об эквивалентности компактности линейного оператора и компактности его сопряжённого. Четыре теоремы Фредгольма для компактных операторов в банаховом пространстве. Теорема о спектре компактного оператора.

12. Самосопряжённые операторы, теорема Гильберта–Шмидта.

Самосопряжённые операторы в гильбертовом пространстве. Вещественность спектра самосопряжённого оператора. Теорема о равенстве спектрального радиуса норме самосопряжённого оператора. Критерий принадлежности числа спектру самосопряжённого оператора. Компактные самосопряжённые операторы. Теорема Гильберта–Шмидта о существовании ортогонального базиса из собственных векторов компактного самосопряжённого оператора в сепарабельном гильбертовом пространстве. Вычисление резольвенты компактного самосопряжённого оператора.

13. Банаховы алгебры, спектр элемента банаховой алгебры, группа обратимых элементов банаховой алгебры.

Банаховы алгебры, пространство линейных непрерывных операторов в нормированном пространстве как банахова алгебра. Спектр и резольвента элемента банаховой алгебры, непустота и компактность спектра. Теорема о спектральном радиусе. Группа обратимых элементов банаховой алгебры и ее свойства. Теорема Гельфанда–Мазура.

14. Коммутативные банаховы алгебры, максимальные идеалы и комплексные гомоморфизмы, преобразование Гельфанда и теорема Гельфанда – Наймарка

Коммутативные банаховы алгебры, идеалы и комплексные гомоморфизмы в коммутативной банаховой алгебре. Множество максимальных идеалов и его связь с множеством комплексных гомоморфизмов коммутативной банаховой алгебры. Теорема о спектре элемента коммутативной банаховой алгебры и преобразование Гельфанда. Инволюция и V^* -алгебры, теорема Гельфанда–Наймарка. Эрмитовы (самосопряженные) элементы V^* -алгебры и их спектральные свойства.

15. Спектральная теорема для нормального оператора в гильбертовом пространстве.

Пространство линейных ограниченных операторов в гильбертовом пространстве как V^* -алгебра. Ограниченные нормальные, самосопряженные, унитарные операторы. Ортогональные проекторы в гильбертовом пространстве. Разложения единицы. Спектральная теорема для нормальных операторов в гильбертовом пространстве. Функциональное исчисление нормальных операторов. Критерий собственного значения нормального оператора и свойства собственных векторов нормального оператора со счетным спектром.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Функциональный интеграл

Цель дисциплины:

Освоение студентами метода вычисления функционального интеграла для описания различных физических систем и ознакомление с приложениями и актуальными задачами теоретической физики.

Задачи дисциплины:

В рамках данного курса студенты получают представление о методах функционального интеграла. Стартуя с базовых знаний из теории поля и квантовой механики, студенты познакомятся с основами диаграммной техники и теории возмущений. Студенты научатся вычислять детерминанты различных операторов, а также познакомятся с теорией поля при конечной температуре и овладеют методами вычисления статистической суммы для Бозе газа. Также внимание будет уделено актуальным задачам теоретической и математической физики, а именно суперсимметричный интеграл по путям для частицы, функциональный интеграл в КЭД, эффект Швингера и теории струн.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

методы вычисления функционального интеграла, основные физические примеры.

уметь:

выполнять вычисления функционального интеграла для свободной релятивистской частицы, скалярного поля и бозонной струны. Вычислять детерминанты операторов, использовать различные методы регуляризации.

владеть:

приближенными и точными подходами к вычислению функционального интеграла.

Темы и разделы курса:

1. Функциональный интеграл в квантовой механике

Классический и квантовый принцип Гюгенса, T-упорядоченная экспонента, ядро оператора эволюции и его основные свойства. Связь свободного нестационарного уравнения Шредингера с уравнением теплопроводности, декретированный интеграл по путям, интеграл Гаусса, поворот Вика.

2. Норма и мера интегрирования в функциональном пространстве

Ядро оператора эволюции для линейного осциллятора и для свободной частицы, вычисление функционального интеграла для осциллятора. Полный базис функций оператора Лапласа на отрезке, детерминант дифференциального оператора и его смысл, различные методы регуляризации и вычисление функционального детерминанта.

3. Общее замечание о квазиклассическом приближении в функциональном интеграл

Расщепление уровней энергии в потенциале с двумя ямами, способ извлечения спектра энергий из ядра оператора эволюции. Оценка негауссова функционального интеграла в квазиклассическом приближении для потенциала с двумя ямами, сумма по инстантонам.

4. Функциональный интеграл для частицы и скалярного поля

Функциональный интеграл для свободной релятивистской частицы, функциональный интеграл для скалярного поля, взаимодействия и теория возмущений.

5. Статистическая сумма

Скалярная теория поля при конечной температуре. Статистическая сумма. Термодинамические величины для Бозе газа.

6. Формализм мировых линий

Формализм мировых линий. Эвклидово эффективное действие для скалярной электродинамики. Инстантоны. Эффект Швингера.

7. Суперсимметричный функциональный интеграл

Грассмановы числа. Уравнение Дирака в терминах континуального интеграла. Суперсимметричный интеграл по путям для частицы. Фермионный функциональный интеграл в КЭД.

8. Функциональный интеграл для бозонной струны

Функциональный интеграл для бозонной струны. Критическая размерность пространства-времени $D=26$. Действие Лиувилля.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Химия в технологиях наноструктур

Цель дисциплины:

Формирование базовых знаний по химическим аспектам технологий материалов и наноструктур для работы в области экспериментальной физики конденсированного состояния и междисциплинарных областях.

Задачи дисциплины:

- Формирование у студентов представления о разнообразии химических явлений и процессов в газовой и конденсированной средах.
- Обеспечение общего понимания связи молекулярной и надмолекулярной организации химических соединений с их свойствами.
- Формирование общей химической грамотности, необходимой для чтения научных статей по основной специальности.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные количественные закономерности протекания химических процессов при формировании и модифицировании твердых материалов и фрагментов наноструктур из газовой фазы и из раствора, в том числе при электролизе растворов.

уметь:

предсказывать направление протекания химических процессов, используемых в технологиях физического эксперимента; выявлять факторы, регулирующие скорость таких процессов, и проводить необходимые для анализа роли этих факторов количественные физико-химические расчеты.

владеть:

опытом физико-химических оценок и расчетов;

опытом использования химических и физических справочников.

Темы и разделы курса:

1. Химические реакции в газовой фазе

Газообразные реагенты. Зависимость летучести и энергий связи в молекулах от молекулярного строения. Кинетика гомогенных процессов в газовой фазе (одно- и бимолекулярные реакции). Конкургентные процессы образования твердых продуктов. Характерные величины констант скорости и энергий активации. Раздел ориентирован на технологии химического осаждения из газовой фазы (chemical vapor deposition, CVD).

2. Химические реакции в растворах

Сольватация ионов и молекул. Зависимость реакционной способности от природы растворителя. Особенности процессов в присутствии комплексообразователей. Реакции ионного обмена. Окислительно-восстановительные реакции. Особенности рН-зависимых реакций. Процессы растворения металлов. Окисление металлов и кремния. Раздел ориентирован на технологии химического осаждения из растворов, формирования золь, химического травления.

3. Электрохимические реакции

Потенциал электрода как инструмент управления скоростью электрохимической реакции. Кинетика процессов анодного растворения металлов, сплавов и кремния. Кинетика процессов катодного осаждения металлов, сплавов и бинарных полупроводников. Анодное и катодное электроосаждение оксидов. Возможности локальной реализации электрохимических реакций. Раздел ориентирован на технологии гальваники и электрохимического травления.

4. Фото- и радиационно-химические реакции

Энергетическая шкала в химии. Зависимость скорости и путей процессов от энергии излучения. Примеры процессов под воздействием ультрафиолетового и рентгеновского излучения, потоков частиц высоких энергий. Процессы обработки полимеров. Использование химии высоких энергий как дополнительного инструмента разрыва связи в реакциях в газовой фазе. Раздел ориентирован на технологии изготовления трековых мембран и модификации процессов CVD.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Численные методы в физике космической плазмы

Цель дисциплины:

освоение студентами фундаментальных и прикладных знаний, навыков и умений в области численного моделирования физики космической плазмы, изучение способов создания численных алгоритмов и программ и методов исследования и моделирования с их помощью космических плазменных объектов, а также определение областей их практического применения.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области численных методов и физики плазмы как дисциплины, интегрирующей общефизическую и общетеоретическую подготовку физиков и обеспечивающей научно-исследовательские основы современных инновационных сфер деятельности;
- обучение студентов принципам создания алгоритмов и программ, выявление особенностей их практического применения;
- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области численного моделирования космической плазмы в рамках выпускных работ на степень бакалавра.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- современные проблемы физики, химии, математики;
- теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях;
- принципы симметрии и законы сохранения;
- новейшие открытия естествознания;
- постановку проблем математического моделирования физико-химических процессов;
- о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

уметь:

эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;

представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;

работать на современном компьютерном и экспериментальном оборудовании;

абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций;

планировать оптимальное проведение вычислительного эксперимента.

владеть:

Методиками разработки численных алгоритмов и реализации компьютерного моделирования плазменных процессов.;

научной картиной мира;

навыками самостоятельной работы в лаборатории на современном компьютерном оборудовании;

математическим моделированием физических задач

Темы и разделы курса:

1. Основные понятия физики плазмы. Свойства и параметры плазмы

Виды плазмы. Свойства и параметры плазмы. Степень ионизации. Формула Саха.

2. Математические модели физики плазмы

Сложность описания и моделирования плазменных явлений и процессов. Обзор основных математических моделей плазмы. МГД описание плазмы. Уравнения МГД. Кинетическое описание плазмы. Уравнения Власова-Максвелла.

3. Моделирование плазмы в приближении МГД

Полная система уравнений нерелятивистской МГД проводящей жидкости. Бездиссипативное приближение. Вывод уравнений МГД из уравнений Максвелла и Навье-Стокса.

4. Численные алгоритмы решения уравнений в частных производных

Конечно-разностные аппроксимации. Разностные схемы для линейного одномерного уравнения переноса. Спектральный метод анализа устойчивости разностной схемы.

5. Система одномерных квазилинейных уравнений МГД в лагранжевых координатах. Схема Лакса

Переход от эйлеровых координат к лагранжевым. Разностные схемы на сдвинутых сетках. Система одномерных квазилинейных уравнений МГД в лагранжевых координатах. Схема Лакса. Условие устойчивости Куранта.

6. Моделирование процессов пересоединения

Токовые слои в магнитосферной плазме. Модель пересоединения Петчека. МГД модели пересоединения Сыроватского. Динамическое пересоединение. Сингулярные токовые слои. Магнитосферные бури и суббури.

7. Двумерная МГД модель. Схемы Лакса-Вендрофа, Мак-Кормака

Моделирование двумерных плоских течений плазмы. Течение плазмы в окрестности нейтрального слоя в приближении одножидкостной МГД с учетом конечной проводимости плазмы. Дивергентный вид уравнений МГД. Конечно-разностные алгоритмы. Численные артефакты. Схема Лакса-Вендрофа для уравнения в дивергентной форме. Схема Мак-Кормака второго порядка аппроксимации.

8. Кинетические модели плазмы. Метод частиц в динамике разреженной плазмы

Обзор основных кинетических моделей плазмы. Основные понятия метода крупных частиц.

9. Методы восстановления плотности заряда и тока

Функция распределения точечных частиц. Метод листов. Функция распределения для частиц конечного размера. Плотности заряда и тока. Ядра преобразования. Сеточные ядра.

10. Модели крупных частиц

Классификация моделей. Модель NGP. Модель PIC. Модель CIC. Единое описание моделей PIC и CIC в одномерном случае.

11. Моделирование динамики заряженных частиц в электрических и магнитных полях

Система уравнений для моментов функции распределения. Аппроксимация сил. Схема мультипольного разложения. Дискретное преобразование Фурье. Численные методы интегрирования уравнений движения.

12. Модели начального распределения частиц

Пространственное распределение. Распределение частиц по скоростям. Дебаевское распределение. Спокойный старт. Пучковая неустойчивость.

13. Методы решения уравнений для полей

Методы решения уравнения Пуассона. Прямые методы. Двукратное преобразование Фурье. Метод быстрого преобразования Фурье. Метод циклической редукции Бунемана. Итерационные методы. Последовательная верхняя релаксация. Метод продольно-поперечной прогонки. Решение уравнений Максвелла.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Численный расчет волновых процессов

Цель дисциплины:

Целью дисциплины является знакомство студентов с основами численных методов. Основной упор будет сделан на гиперболические уравнения и системы. Студенты познакомятся с теоретическими основами сеточно-характеристических численных методов, понятиями аппроксимации и устойчивости разностной задачи. Будут рассмотрены решения волновых уравнений, описывающих динамическое поведение акустических, упругих, анизотропных и пористых сред. Внимание будет уделено получению практических навыков реализации вычислительных методов. В ходе курса необходимо будет выполнить курсовой проект, заключающийся в разработке прикладного программного обеспечения на языке Python и/или C++.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся знаний по численным методам, применяемым для решения гиперболических систем уравнений;
- формирование у обучающихся знаний по аналитическому исследованию гиперболических систем уравнений;
- формирование умений и навыков реализации расчётных алгоритмов на языках Python/C++.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные основы построения численных методов решения гиперболических систем уравнений;
- понятия разностной задачи, аппроксимации, устойчивости, сходимости разностных схем;
- определяющие системы уравнений акустики, упругости, анизотропной упругости, двухконтинуальных систем.

уметь:

- аналитически исследовать гиперболические уравнения и системы уравнений;

- находить собственные числа и собственные вектора матриц аналитическими и численными методами;
- исследовать гиперболические уравнения и системы уравнений на аппроксимацию и устойчивость;
- строить структурные расчётные сетки;
- реализовывать на языке Python/C++ схемы на расширенном шаблоне;
- реализовывать на языке Python/C++ схемы на компактном шаблоне.

владеть:

- теоретическими и практическими знаниями о гиперболических системах уравнений и численных методах их решения.

Темы и разделы курса:

1. Основы численных методов

Дифференциальная задача, разностная задача, понятия аппроксимации, устойчивости, сходимости. Численное исследование порядка сходимости схемы.

2. Математические модели динамического поведения сред

Определяющие системы уравнений для акустического, линейно-упругого, анизотропного и пористого/насыщенного приближений.

3. Простейшее гиперболическое уравнение переноса

Вид уравнения, аналитическое решение, область зависимости, граничное и начальное условия.

4. Сеточно-характеристический метод

История развития, прямой и обратный методы, понятие характеристик, инвариантов Римана.

5. Многомерные задачи

Метод расщепления по пространственным направлениям, метод расщепления по физическим процессам, структурные и неструктурные расчётные сетки.

6. Акустическая среда

Каноническая запись для акустической среды, вид матриц системы, количество и значения собственных чисел и собственных векторов задачи.

7. Изотропная упругая среда

Каноническая запись для изотропной упругой среды, вид матриц системы, количество и значения собственных чисел и собственных векторов задачи.

8. Анизотропная упругая среда

Каноническая запись для анизотропной упругой среды, вид матриц системы, количество и значения собственных чисел и собственных векторов задачи.

9. Пористая насыщенная среда

Каноническая запись для пористой насыщенной среды, вид матриц системы, количество и значения собственных чисел и собственных векторов задачи.

10. Контакт между средами

Явное выделение, количество условий на контакте, реализация граничных корректоров.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Экспериментальная реализация концепций квантовой физики

Цель дисциплины:

- показать взаимосвязь теории и наблюдаемых явлений;
- показать, что полноценный эксперимент требует глубоких теоретических знаний из самых разных областей.

Задачи дисциплины:

- изучить теорию момента импульса, включая сложение моментов импульса;
- изучить теорию взаимодействия 2-уровневого атома с монохроматическим излучением;
- изучить теорию когерентного пленения населённости;
- наблюдать следствия теорий в самостоятельно собранных экспериментах.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- теорию момента импульса, включая сложение моментов импульса;
- теорию взаимодействия 2-уровневого атома с монохроматическим излучением;
- теорию когерентного пленения населённости;
- основы лазерной спектроскопии.

уметь:

использовать современное приборно-вычислительное оснащение лаборатории, применять теоретические знания из разных областей физики для проведения простого квантового эксперимента.

владеть:

навыками экспериментальной реализации концепций квантовой физики.

Темы и разделы курса:

1. Теория момента импульса

Построение теории спина на основе анализа эксперимента Штерна-Герлаха. Необходимый набор постулатов. Операторы проекций импульса, коммутаторы. Общая теория момента импульса. Постулаты. Коммутаторы, операторы повышения/понижения проекции.

2. Инжекционный лазер с внешним резонатором (ИЛВР)

Основы техники безопасности при работе в оптической лаборатории. ИЛВР по схеме Литрова. Отыскание порога генерации. Перестройка частоты лазера. Измерение частоты лазера волномером и резонатором Фабри-Перо.

3. Сложение моментов импульса

Физические причины для сложения спина и механического момента импульса. Спин-орбитальное и спин-спиновые взаимодействия. Общая теория сложения момента импульса. Коэффициенты Клебша-Жордана. Эффект Зеемана в суммарном базисе и в базисе тех спинов, которые складываем.

4. Основы спектроскопии

Определение спектра, виды спектров, спектральные линии, источники уширения линий, методы спектроскопии в атомной физике, эффект Доплера.

5. Спектроскопия паров лития

Эффект Доплера и эффект спин-орбитального взаимодействия в парах лития. Бездоплеровская спектроскопия паров лития – наблюдение сверхтонкого расщепления.

6. Двухуровневый атом в поле электромагнитного излучения

Взаимодействия с классическим полем. Колебания населённости без учёта спонтанного излучения. Взаимодействие с квантовым полем. Спонтанное излучение. Уравнения Блоха, интенсивность насыщения, стационарная населённость.

7. Эффекты Зеемана в парах лития

Бездоплеровская спектроскопия паров лития – наблюдение эффекта Зеемана в базисе $F=S+I$ и в базисе S, I .

8. Акустооптический модулятор в однопроходной схеме

Акустооптический модулятор в однопроходной схеме, наблюдение сигнала биений между модулированным и немодулированным лучами.

9. Цепи обратной связи в применении к физическим системам

Примеры цепей обратной связи. Основы электроники для работы в лаборатории.

10. Когерентное пленение населённости (КПН)

3-уровневый атом в бихроматическом поле. КПН, условие отсутствия поглощения света. Групповая и фазовая скорость света в среде с сильной дисперсией, замедление света в условиях КПН.

11. Акустооптический модулятор в двухпроходной схеме

Акустооптический модулятор в двухпроходной схеме с разделением лучей по поляризации и по высоте, наблюдение сигнала биений между модулированным и немодулированным лучами.

12. Стабилизация лазера

Стабилизация мощности лазерного пучка с помощью акустооптического модулятора и пропорционально-интегрально-дифференцирующего (ПИД) регулятора.

13. Одномодовое оптоволокно

Юстировка ввода лазерного излучения в одномодовое оптоволокно линзами с разным фокусным расстоянием.

14. Спектроскопия рубидия в нулевом магнитном поле

Бездоплеровская спектроскопия паров рубидия, наблюдение сверхтонкого расщепления. Экранирование паров рубидия от внешних магнитных полей.

15. КПН и замедление света в парах рубидия

Наблюдение КПН в парах рубидия при $V=0$. Групповая скорость в условиях КПН, наблюдение замедления света.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Экспериментальные методы квантовой оптики

Цель дисциплины:

Целью дисциплины «Экспериментальные методы квантовой оптики» является формирование знаний о физических основах работы спектральных приборов, методах измерения и обработки оптических спектров, методах работы с лазерным излучением и знакомство с современными методами прецизионных измерений.

Задачи дисциплины:

- освоение студентами базовых знаний в области спектрального приборостроения для научных исследований;
- приобретение основ знаний в области методов оптико-спектральной характеристики различных объектов исследования;
- ознакомление с приборной базой современной оптической лаборатории;
- выработка критического мышления в области взаимодействия электромагнитного излучения с веществом.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- конструктивные особенности спектральных приборов различного типа;
- возможности и характеристики спектральных приборов и область их применения;
- физические основы работы отдельных конструктивных элементов спектральных приборов;
- основы теории взаимодействия электромагнитного излучения с веществом;
- основы лазерной физики;
- методы детектирования излучения различных спектральных диапазонов.

уметь:

- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных задач и постановки экспериментов;

- получать наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценить степень их достоверности.
- проводить качественный и количественный анализ характеристик вещества по спектральным данным.

владеть:

- методикой работы со спектральными приборами;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- базовыми навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- навыками грамотной обработки результатов эксперимента и сопоставления с теоретическими данными;
- основными навыками представления своих результатов на семинарах, конференциях;
- навыками освоения большого объема информации, включая работу с научной литературой;
- основными навыками написания научных статей;
- методами настройки и юстировки спектральных приборов;
- методами вычисления погрешностей при спектральных измерениях;
- математическим аппаратом анализа характеристик вещества по спектральным данным.

Темы и разделы курса:

1. Введение

Задача и содержание курса. Частотные диапазоны, в которых изучаются спектры веществ и объектов. Основы взаимодействия электромагнитного излучения с веществом. Поглощение и дисперсия. Уравнение матрицы плотности. Спонтанное излучение. Ширина спектральной линии.

2. Спектральные приборы

Спектр и спектральные приборы - общие представления. Световой импульс. Автокорреляционная функция. Типы спектральных приборов, их блок-схемы.

3. Источники и приёмники излучения

Источники некогерентного излучения. Излучение чёрного тела. Глобар. Газоразрядные лампы. Лампы с полым катодом. Светодиоды. Фотоэлектронный усилитель. Фотодиод. Лавинный фотодиод. ПЗС-камера. CMOS-камера. Шумы детекторов излучения.

4. Оптические элементы

Линзы. Зеркала. Объективы. Просветляющие покрытия. Интерференционные фильтры.

5. Гауссовы пучки и элементы фурье-оптики

Формирование гауссовских пучков. Математическое описание гауссовских пучков. Фокусировка. Элементы фурье-оптики. Пространственная фильтрация.

6. Оптические волокна

Распространение излучения в оптическом волокне. Одномодовые оптические волокна. Многомодовые оптические волокна. Заведение оптического излучения в волокно. Использование оптических волокон в современных экспериментах.

7. Источники лазерного излучения

Принципы работы лазеров. Активная среда. Резонатор. Инверсия населённости. Вынужденное излучение. Методы формирования инверсии населённости. Непрерывные лазерные источники. Гелий-неоновый лазер. Волоконный лазер. Nd:YAG-лазер. Лазер на красителях. Диодный лазер. Импульсные лазеры. Модуляция добротности. Синхронизация мод. Частотная гребёнка.

8. Современные методы спектроскопии

Террагерцовая спектроскопия. Источники террагерцового излучения. Приёмники террагерцового излучения. Спектроскопия с применением оптических гребёнок.

9. Спектроскопия с временным и пространственным разрешением

Метод pump-probe. Атомные часы. Синхронизация в оптическом эксперименте.

10. Плазменная оптика

Плазмон. Методы возбуждения плазмонов. Методы детектирования плазмонов. Свойства плазмонных волн. Локализованные плазмоны. Применение плазмонов.

11. Атомная оптика

Методы лазерного охлаждения атомов. Предел охлаждения. Атомные ловушки. Методы получения Бозе-Эйнштейновского конденсата. Использование холодных атомов для прецизионных измерений. Атомный чип.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Экспериментальные методы молекулярной биофизики

Цель дисциплины:

Цель данного курса состоит в формировании знаний студентов в области современных экспериментальных методов исследования сложных биофизических систем.

Задачи дисциплины:

- Формирование у обучающихся знаний биофизических методов исследований сложных биологических систем.
- Выработка умения ориентироваться в мировой литературе, связанной с применением методов молекулярной биофизики.
- Формирование общего понимания основных принципов методов оптической спектроскопии, методов малоуглового рассеяния, ЯМР, спектроскопии, масс-спектрометрии.
- Формирование умения ставить задачи, связанные с проблемами настоящего раздела науки.
- Формирование навыков применения полученных знаний для решения поставленных задач, связанных с структурно-функциональными исследованиями мембранных белков и мембран.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные методы экспериментальной биофизики;
- методы оптической спектроскопии;
- методы малоуглового рассеяния;
- методы спектроскопии ЯМР и применение их в исследовании белков;
- методы масс-спектрометрии и использование их в протеомике;
- современные достижения в разработке методов экспериментальной биофизики.

уметь:

- применять приобретённые знания для анализа информации в современных литературных источниках;
- использовать результаты анализа литературы в своей практической деятельности.

владеть:

- умением систематизировать знания, полученные в процессе работы;
- навыками правильной постановки задач для решения сложных вопросов, связанных с изучением структуры и функций биологических мембран.

Темы и разделы курса:

1. Малоугловое рассеяние рентгеновских лучей и нейтронов.

Историческое введение. Теория малоуглового рассеяния от частиц в растворе. Кривая рассеяния при малых значениях Q . Аппроксимация Гинье. Асимптотическое поведение кривой рассеяния при больших значениях Q . Соотношение Порода. Монодисперсные растворы частиц. Полидисперсные растворы. Модели и имитации. От кривой рассеяния – к набору структур. Вариация контраста в рассеянии рентгеновских лучей и нейтронов. Изменение контраста за счет растворителя. Изменение контраста за счет рассеивающих свойств частицы. Синтетическое и биосинтетическое дейтерирование. Конформационные переходы. Мембранные белки.

2. Масс-спектрометрия.

Определение масс-спектрометрии. Принципиальное устройство масс-спектрометра. Основные характеристики масс-спектрометров (диапазон масс, разрешающая способность, быстродействие, чувствительность). Методы ионизации биологических макромолекул (Электронный удар. Химическая ионизация. Полевая десорбция-ионизация. Бомбардировка быстрыми атомами (FAB, SIMS). Плазменная десорбция. Лазерная десорбция-ионизация. Лазерная десорбция-ионизация из матрицы (MALDI). Электрораспыление (Электроспрей). Масс-анализаторы (магнитный секторный, электростатический, квадрупольный, времяпролетный, ионная ловушка, ячейка ионно-циклотронного резонанса).

Масс-спектрометрический анализ белков и пептидов. Методы идентификации белков и пептидов с использованием масс-спектрометрии (метод отпечатка пептидных масс, тандемная масс-спектрометрия). Масс-спектрометрический анализ сложных смесей белков и пептидов. Сопряжение масс-спектрометрического анализа белков и пептидов с различными методами разделения белков и пептидов (жидкостная хроматография, капиллярный электрофорез, гель-электрофорез).

Количественный масс-спектрометрический анализ (количественная масс-спектрометрия с использованием изотопных меток, безметочная количественная масс-спектрометрия).

3. Оптическая спектроскопия.

Абсорбционная спектроскопия в ультрафиолетовой и видимой областях. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Спектрофотометры для измерения спектров в ультрафиолетовой и видимой областях. Техника проведения эксперимента. Хромофоры. Связь между структурой соединений и их спектральными характеристиками (максимум поглощения, коэффициент экстинкции). Спектры поглощения белков. Спектры поглощения нуклеиновых кислот. Примеры использования спектроскопии в ультрафиолетовой и видимой областях.

Флуоресцентная спектроскопия. Физические основы флуоресценции. Спектрофлуориметр. Техника измерения спектров флуоресценции. Флуорофоры. Флуоресцентные зонды. Методы введения флуоресцентных меток в биологические молекулы. Резонансный перенос энергии (FRET). Деполяризация флуоресценции. Примеры использования флуоресцентной спектроскопии в биофизике.

Круговой дихроизм. Оптическая активность. Плоско поляризованный свет. Сравнение методов КД и ДОВ. Изучение вторичной структуры белков и пептидов методами КД. Изучение денатурации и ренатурации нуклеиновых кислот методами КД.

4. ЯМР-спектроскопия.

Основные принципы ЯМР-спектроскопии. История открытия метода. Уравнение Блоха. Химический сдвиг. Скалярные константы спин-спинового взаимодействия. ЯМР-релаксация. Импульсная Фурье ЯМР-спектроскопия. Устройство ЯМР-спектрометра. Квантово-механическое описание эксперимента ЯМР, матрицы плотности и эволюция намагниченности. Двумерная и многомерная ЯМР-спектроскопия. Импульсные последовательности. Определение структуры низкомолекулярных соединений. Спектры ЯМР для исследования пространственной структуры белков. Спиновые системы. Отнесение сигналов в спектрах ЯМР. Информация о пространственной структуре белков в спектрах ЯМР. Методики расчета пространственной структуры белков по данным спектроскопии ЯМР. Новейшие методы ЯМР-спектроскопии. ЯМР-спектроскопия твердого тела. Механизмы ЯМР-релаксации. Функция спектральной плотности, параметр порядка, время корреляции вращательной диффузии. Оптимизация ЯМР-релаксации в импульсных последовательностях. Изучение внутримолекулярной подвижности белков по данным ЯМР-релаксации, «модель-независимый» подход. Использование релаксации для определения пространственной структуры. Химический обмен. Исследование равновесной кинетики химических реакций и конформационных переходов. Исследование пространственной структуры короткоживущих переходных состояний. Изучение неупорядоченных белков.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Электродинамика композитов

Цель дисциплины:

Цель дисциплины - освоение студентами фундаментальных знаний в области электродинамики неоднородных систем и получение навыков использовать эти знания на практике для решения научно-исследовательских задач, подготовка из студентов грамотных ученых, способных к самостоятельной творческой работе.

Задачи дисциплины:

1. Формирование базовых знаний в области электродинамики сплошных сред, методы описания неоднородных сред: статические поля (теория гомогенизации, формулы смещения, теория протекания), квазистатические поля (частотная и пространственная дисперсия эффективных материальных параметров), электродинамика неоднородных сред (фотонные кристаллы, теория локализации света), электродинамика субволновых полей (плазмоника, метаматериалы).
2. На основе общефизической и общетеоретической подготовки студентов выработать единый подход к пониманию физики электромагнитных явлений, происходящих в неоднородных средах.
3. Обучение студентов навыкам применения полученных знаний для решения практических задач, с которыми студенты сталкиваются при прохождении научно-исследовательской практики.
4. Формирование подходов к выполнению студентами своих исследований в рамках выпускных работ на степень магистра.
5. Привить навыки к критическому осмыслению поступающей информации. Это касается как собственных результатов, так и информации, поступающей из других источников, как-то интернет, СМИ, статьи в научных журналах и т.п.
6. Научить студентов ставить задачи, исходя из логики развития науки, а не из известных математических приемов решения задач.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основы электродинамики неоднородных сред

уметь:

пользоваться базовым математическим аппаратом, ориентироваться в современной научной литературе по проблеме и критически воспринимать поступающую информацию

владеть:

знаниями основ теории электромагнетизма, включая оптику и знаниями о современном состоянии проблемы

Темы и разделы курса:**1. Основные уравнения электродинамики (статика, квазистатика, динамика)**

Связь граничных условий в статическом, квазистатическом и динамическом случае. Проблема гомогенизации уравнений с меняющимися в пространстве коэффициентами – поиск эффективных уравнений, связь коэффициентов входящих в эти уравнения с точными коэффициентами. История вопроса. Случай постоянных полей. Разделение уравнений для электрических и магнитных полей.

2. Случай постоянных полей

Различные Феноменологические подходы для расчета эффективных параметров (диэлектрической и магнитной проницаемостей) неоднородных сред. Случай малых концентраций -- формула Максвелла (газовое приближение). Паде аппроксимация. Формула Снарского-Дыхне. Случай малых флуктуаций: закон одной трети. Понятие локального поля. История вопроса. Поле Лоренца и поле Гайнера. Формула Лорентц-Лоренца. Подход Максвелла Гарнетта. Гамма конвергенция. Периодические среды, двухмасштабная теория гомогенизации.

3. Точно решаемые задачи статики

Задача о симметричном распределении бинарной смеси. Преобразование Дыхне. Решение для стратифицированной среды. Общий вид в случае анизотропных сред. Заготовка к Y -преобразованию. Решение Хашина-Штрикмана. Статический клокинг. Строгие ограничения на значения эффективных параметров. Y -преобразование. Спектральная теория Бергмана. Флуктуационная теория фазовых переходов второго рода. Теория протекания, как фазовый переход второго рода. Метод ренорм группы и уравнения состояния.

4. Квазистационарный случай

Частотная дисперсия. Энергия поля и вектор Пойтинга в случае частотной и пространственной дисперсии. Соотношения Крамерса-Кронига. Причинность и аналитичность. Случай, когда размер неоднородности меньше скин-слоя. Теория Друде. Случай, когда размер включения больше скин-слоя. Сдвиг области дисперсии в низкочастотную область. Искусственный магнетизм. Теория эффективной среды для сред с отрицательной диэлектрической проницаемостью. Метаматериалы. Плазмоника.

Плазмонный резонанс частиц разной формы. Поверхностные волны на плоскости, пленке и проволоке.

5. Периодические среды (фотонные кристаллы)

Фотонные кристаллы. Брэгговское отражение. Образование запрещенных зон. Эффект Боррманна. Суперпризма и отрицательное преломление. Канализация. Магнитофотонные кристаллы. Дефект мода и усиление эффекта Фарадея. Фотонные кристаллы отрицательной контрастности. Таммовские состояния в фотонных кристаллах. Обобщенный закон Брэгга и Юховские зоны.

6. Пространственная дисперсия

Проблема дополнительных граничных условий. Решение Рытова для стратифицированной среды. Мезоскопичность импеданса. Численный эксперимент Лагарькова-Киселя. Обобщение теории нелокальных сред Агарвала-Марадудина.

7. Теория гомогенизации уравнений Максвелла.

Теория гомогенизации уравнений Максвелла. История вопроса. Мнимая часть эффективной диэлектрической проницаемости в непоглощающих неоднородных средах. Мультипольные моменты. Теория Ми. Киральные среды. Квадрупольные среды.

8. Проблема радиолокационной заметности

Проблема радиолокационной заметности. Теория синтеза радиопоглощающих покрытий. Покрытие Даленбаха. Экран Солсбери. Радиопоглощающее покрытие на основе магнитных сред.

9. Теория андерсоновской локализации света

Роль брэгговского отражения и зонная теория локализации в одномерном случае. Теория лазеров. Причинное выражение для эффективной диэлектрической проницаемости усиливающей среды. Случайные лазеры.

10. Плазмоники

Электростатический характер плазмоники. Сравнение с магнитостатическими волнами. Строгий вывод дисперсионного выражения для поверхностных мод. Плазмонные линии передач. Эффект Кречмана.

11. Магнитные среды

Магнитные среды. Естественный ферромагнитный резонанс. Дисперсия магнитной проницаемости. Применение поверхностных магнитостатических волн.

12. Распространение волн в диспергирующих средах

Фазовая и групповая скорости и причинность.

13. Перенос энергии ближними полями

Перенос энергии ближними полями. Клокинг и сверхразрешение. Передающие линии передач с субволновым поперечным сечением.

14. Импеданс

Импеданс. Рекурсивная формула расчета входного импеданса. Теория переходного слоя Друде-Симовского.

15. Теорема погашения

Теорема погашения. Оптическая теорема. Эффективная диэлектрическая проницаемость.

16. Особенности распространения света в анизотропных материалах

Юховская запрещенная зона в гиротропных материалах. Остановка света.

17. Классическая теория спазера

Диэлектрическая проницаемость усиливающей среды. Классическая теория спазера и магнитооптического спазера. Компенсация потерь в плазмонных композитах.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Электродинамика сплошных сред

Цель дисциплины:

Изучение физических и теоретических основ электродинамики сплошных сред, ее свойств и приложений.

Задачи дисциплины:

- освоение студентами базовых знаний по электродинамике сплошных сред;
- приобретение студентами знаний в области приложений электродинамики сплошных сред;
- оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных теоретических и экспериментальных исследований по электродинамике сплошных сред;
- приобретение навыков качественного анализа и количественных оценок, касающихся электродинамики сплошных сред.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики;
- порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;
- современные проблемы физики, химии, математики;
- место и роль электродинамики сплошных сред в ряду других разделов физики.

уметь:

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных, прикладных и технологических задач;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;

- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
- получать наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценить степень их достоверности;
- работать на современном, в том числе и уникальном экспериментальном оборудовании;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- математическим моделированием физических задач.
- навыками теоретического анализа реальных задач, относящихся к электродинамике сплошных сред.

Темы и разделы курса:

1. Уравнения электромагнитного поля в материальной среде.

Предмет электродинамики сплошных сред (ЭСС). Уравнения макроскопической электродинамики. Напряженности электрического и магнитного полей. Электрическая поляризация и намагниченность. Электрическая и магнитная индукции. Плотность электрического тока. Свойства симметрии векторных величин в ЭСС по отношению к пространственной и временной инверсии. Граничные условия на поверхности раздела двух сред.

Плотность потока энергии поля и закон сохранения энергии. Преобразование полей при переходе в движущуюся систему координат.

2. Материальные соотношения в ЭСС. Частотная и пространственная дисперсия. Диэлектрической проницаемости. Электромагнитные волны.

Связь векторов индукции и плотности электрического тока с напряженностями полей. Материальные соотношения в статическом пределе в слабых полях, в зависимости от

категории конденсированных сред (диэлектрики, металлы, магнетики, сверхпроводники). Свойства симметрии тензорных характеристик среды. Принцип симметрии кинетических коэффициентов Онсагера.

Частотная дисперсия диэлектрической проницаемости. Принцип причинности и аналитические свойства как функции частоты. Низкочастотная и высокочастотная асимптотики. Соотношения Крамерса-Кронига. Поведение диэлектрической проницаемости как функции частоты в металлах и в газах вблизи узкой линии поглощения.

Пространственная дисперсия. Тензор диэлектрической проницаемости изотропных сред. Поперечные и продольные электромагнитные волны. Плоская монохроматическая волна. Пространственная дисперсия вблизи линии поглощения. Естественная оптическая активность.

3. Электростатика. Постоянный ток. Магнитостатика.

Электростатическое поле проводников и его энергия. Тензор поляризуемости металлического тела. Электростатическое поле в диэлектрике. Диэлектрический и металлический эллипсоиды в однородном внешнем поле. Положительный знак статической электрической восприимчивости диэлектриков. Симметрия кристаллов и их диэлектрические свойства. Пироэлектрики и пьезоэлектрики.

Стационарное распределение тока и электрического поля в проводнике. Эффект Холла. Термоэлектрические явления. Постоянное магнитное поле. Магнитное поле постоянных токов.

Силы и моменты сил, действующие на тела во внешних квазиоднородных электро- и магнитостатических полях. Электро- и магнитострикция.

4. Квазистационарное электромагнитное поле.

Уравнения квазистационарного поля. Затухание поля во времени. Скин-эффект. Поверхностный импеданс. Граничные условия Леонтовича. Поглощение энергии.

Движение проводника во внешнем магнитном поле. Электромагнитная индукция. Уравнения магнитной гидродинамики.

5. Взаимодействие плоской монохроматической волны с плоской и периодически модулированной границей раздела двух сред. Поверхностные электромагнитные волны.

Отражение и преломление плоских волн при взаимодействии с плоской границей раздела между двумя средами (формулы Френеля). Угол Брюстера и предельный угол полного отражения.

Поверхностные электромагнитные волны (ПЭВ) на границе металл-диэлектрик. Способы возбуждения ПЭВ.

Дифракция на решетках. Аномалии Вуда. Аналогии из теории неупругого рассеяния в квантовой механике и связь с теорией бифуркаций и катастроф. Эффект полного подавления металлического отражения при резонансном возбуждении ПЭВ.

6. Геометрическая оптика. Узконаправленные световые пучки. Элементы общей теории дифракции.

Геометрическая оптика. Аналогии с квазиклассикой в квантовой механике и классической механикой.

Узконаправленные световые пучки. Параболическое волновое уравнение. Дифракционная расходимость. Гауссовы световые пучки.

Элементы общей теории дифракции. Дифракция Френеля и Фраунгофера.

7. Рассеяние электромагнитных волн.

Рассеяние электромагнитных волн на малых частицах. Формула Рэлея.

Элементы общей теории рассеяния в изотропных средах. Принцип детального равновесия.

Рассеяние с малым изменением частоты. Комбинационное рассеяние и его связь с ВКР. Рэлеевское рассеяние и его тонкая структура. Дублет Мандельштамма-Бриллюэна.

8. Электромагнитные волны в анизотропных средах. Нелинейная оптика.

Плоская волна в анизотропной среде. Одноосные и двухосные кристаллы. Двулучепреломление в одноосных кристаллах.

Электро- и магнитооптические эффекты.

Нелинейные оптические эффекты. Самофокусировка. Преобразование частот. Свойство когерентности полей. Фазовый синхронизм. Длина когерентности. Генерация второй и третьей гармоник. Вынужденное комбинационное рассеяние (ВКР). Квантовая трактовка нелинейно-оптических эффектов.

9. Магнитные резонансы.

Природа магнитного упорядочения в твердых телах. Обменное взаимодействие. Ферромагнетизм и антиферромагнетизм.

Слабовозбужденные состояния ферро- и антиферромагнетиков. Уравнение Ландау-Лифшица. Ферромагнитный и антиферромагнитный резонансы.

Ядерный магнитный и электронный парамагнитный резонансы. Уравнения Блоха. Спиновое эхо.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Электронные методы физических исследований

Цель дисциплины:

познакомить студентов, специализирующихся в области общей и прикладной физики, с основными идеями аналоговой и цифровой электроники с точки зрения ее применения для регистрации и обработки данных в физическом эксперименте.

Задачи дисциплины:

- 1) разъяснение места и роли электронных средств наблюдения, регистрации и обработки данных в физическом эксперименте;
- 2) приобретение учащимися начальных навыков работы с электронными схемами и дальнейшее развитие умения работать с измерительными приборами;
- 3) ознакомление с особенностями методов анализа характеристик средств современной электроники и их влияния на качество результатов измерений;
- 4) ознакомление с принципами работы цифровых средств регистрации на базе микроконтроллеров и программируемых СБИС.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

принцип действия и свойства основных компонентов, образующих элементную базу аппаратных средств современной электроники.

уметь:

проводить наблюдения и измерения с использованием аппаратных средств современной электроники.

владеть:

основными методами теоретического рассмотрения свойств аппаратных средств современной электроники и учета влияния их характеристик на результаты экспериментального исследования.

Темы и разделы курса:

1. Основы теории электрических цепей

Методы контурных токов и узловых потенциалов. Теоремы Тавенина и Нортона. Системы параметров линейных трехполюсников.

2. Цепи с сосредоточенными параметрами

Передающая функция, импеданс. Импульсная реакция и переходная характеристика.

3. Цепи с распределенными параметрами

Телеграфные уравнения. Представление о бегущих волнах. Коэффициент отражения. Зависимость входного импеданса линии от ее длины. Четверть-волновой отрезок как резонатор.

Переходные процессы в длинной линии.

4. Полупроводниковая усилительная техника

Биполярный и полевой транзисторы. Схемы усилителей. Задание начального режима. Эквивалентные схемы. Оценивание малосигнальных параметров усилителей. Частотные свойства.

5. Шумы в электронных схемах

Корреляционная теория шумов - функции корреляции и спектральные плотности. Сложение спектральных плотностей некоррелированных шумов. Преобразование плотности шума при линейной фильтрации - теория Винера-Хинчина. Отношение сигнал/шум. Коэффициент шума.

6. Комбинаторная логика

Логические функции. Булева алгебра. Элементарные вентели.

Нормальные формы реализации булевых функций. Дешифраторы, мультиплекторы.

Арифметические структуры - инкрементор/декрементор, сумматор, умножитель.

7. Конечные автоматы

Концепция конечного автомата. Регистровая логика. Сдвиговые регистры, Счетчики. Накапливающие сумматоры. Логика поразрядного уравнивания.

8. Теория дискретизации времени, БПФ

Дискретизация времени, спектры дискретизованных сигналов. Теорема о выборках. Дискретное преобразование Фурье как метод спектрального анализа. Быстрые алгоритмы вычисления дискретного преобразования Фурье.

9. Дифференциальная схемотехника

Представление о дифференциальном сигнале. Дифференциальная пара. Дифференциальный усилитель. Схемы генераторов тока. Токовое зеркало. Динамическая нагрузка.

10. Микроконтроллеры

Структурная схема микроконтроллера - ядро, адресные пространства, периферийные блоки.

Представление о системе команд. Элементы программирования микроконтроллеров.

11. Операционный усилитель

Операционный усилитель (ОУ) как компонент петли обратной связи, его частотные свойства. Схемы масштабных усилителей на ОУ. Активные фильтры. Конверторы и инверторы сопротивления. Схемы с положительной обратной связью - триггеры Шмидта и мультивибраторы.

12. Программируемая логика

Программируемые логические схемы FPGA. Схемы элементарных ячеек, Трассировочные ресурсы. Принципы разработки больших интегральных схем на FPGA

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Элементарные частицы и их источники

Цель дисциплины:

дать студентам общее представление о многообразии и классификации элементарных частиц, типах фундаментальных взаимодействий, ознакомить с основными типами источников элементарных частиц, применяющихся в лабораториях.

Задачи дисциплины:

во время обучения дисциплине сформировать у студентов основы физической картины мира в области элементарных частиц, сформировать правильное представление об источниках частиц. Показать, какие виды излучения, в каких диапазонах по энергии и интенсивности доступны с использованием различных типов источников.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Классификацию элементарных частиц и взаимодействий, типы источников частиц, их характеристики.

уметь:

Ориентироваться в многообразии источников частиц, правильно подбирать возможный источник для решения конкретной физической задачи.

владеть:

Основными методами оценки источников: по интенсивности, энергии, типу частиц. Свободно пользоваться справочной литературой (PDG).

Темы и разделы курса:

1. Элементарные частицы и их взаимодействия
 1. Классификация элементарных частиц, модель кварков
 2. Типы взаимодействия элементарных частиц

3. Стандартная Модель, 3 поколения частиц, симметрии и законы сохранения
4. Свойства частиц (масса, время жизни спин), таблицы PDG

2. Космические лучи

1. Открытие космических лучей.
2. Космические лучи на поверхности Земли, первичные космические лучи.
3. Спектр и состав первичного космического излучения.
4. космические лучи высоких и сверхвысоких энергий.
5. Темная материя, эксперименты по поиску WIMP.

3. Ускорители элементарных частиц

1. Ускорение частиц в циклотроне, синхроциклотрон, бетатрон
2. Линейные ускорители
3. Синхротронное излучение

4. Ядерные реакторы

1. Устройство и принцип работы
2. Классификация реакторов
3. Ультрахолодные нейтроны

5. Радиоактивные изотопы

1. Искусственные и природные радионуклиды
2. Типы распадов
3. Применение изотопов

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Элементы квантовой теории поля

Цель дисциплины:

- Детальное обсуждение и вывод аппарата квантовой теории поля.
- Обсуждение различных квантовых теорий поля, возникающих в физике.

Задачи дисциплины:

Познакомить студентов с основными понятиями и идеями в этой области, с постановкой задач и подходами к их решениям. Предполагается, что прослушав этот курс, студенты смогут читать и понимать текущую научную периодику в этой области.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные понятия по теме дисциплины.

уметь:

пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования, решать задачи по теме дисциплины.

владеть:

математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

Темы и разделы курса:

1. Элементы классической теории поля

Лагранжев и гамильтонов формализм классической механики.

Связь скобок Пуассона в классической механике и коммутаторов в квантовой механике. Теорема Эренфеста.

Обобщение изложенных методов на классическую теорию поля на примере теории свободного бозона.

2. Квантование поля Клейна-Гордона

Разложение полевых операторов по набору решений классических уравнений движения.

Алгебра бозонных операторов рождения и уничтожения. Поле как совокупность частиц.

Энергия вакуума, ультрафиолетовые расходимости и эффект Казимира.

3. Вторичное квантование и многочастичная квантовая механика

Постановка задачи многочастичной квантовой механики. Бозоны и фермионы, детерминант Слэтера.

Устройство многочастичного гильбертова пространства, фокковское пространство. Представление чисел заполнения.

Алгебра операторов рождения и уничтожения для бозонов и фермионов. Описание задач многочастичной квантовой механики на языке квантовой теории поля.

4. Модели сильной связи и графен

Блоховские волновые функции и состояния Ванье для кристаллов.

Прыжковые (туннельные) гамильтонианы в представлении вторичного квантования.

Спектр, закон дисперсии и структура низкоэнергетических возбуждений графена в модели сильной связи. Долинное вырождение, «дираковские фермионы» в графене.

5. Фононы

Квантование трёхмерной одноатомной решётки, фононы. Продольные и поперечные моды. Описание колебаний в рамках аппарата квантовой теории поля.

Деформационный потенциал как модель взаимодействия электронов с продольными акустическими фононами.

Экранировка кулоновского взаимодействия в рамках приближения Томаса-Ферми.

6. Функции Грина

Запаздывающая, опережающая и фейнмановская функции Грина, вычисления их в рамках теории свободного бозона.

Теорема Вика для вакуумных средних полевых операторов.

7. Диаграммная техника

Возникновение диаграммной техники на примере теории «фи-в-четвёртой».

Симметричные комбинаторные множители, связанные с фейнмановскими диаграммами. Экспоненцирование и сокращение вакуумных пузырей.

Связь вакуумных пузырей и энергии основного состояния.

Блочное суммирование. Уравнение Дайсона.

8. Функциональный интеграл

Гауссов функциональный интеграл и теорема Вика. Функциональный детерминант.

Выражение для фейнмановского пропагатора квантовой теории поля через функциональный интеграл для теории Клейна-Гордона.

9. Функциональный интеграл для многочастичной квантовой механики

Когерентные состояния для бозонов.

Грассмановы числа и когерентные состояния для фермионов.

Вывод функционального интеграла для вторично-квантованных гамильтонианов.

10. Слабонеидеальный бозе-газ

Большой канонический ансамбль, химический потенциал.

Бозе-конденсация и спонтанное нарушение симметрии. Аномальные средние.

11. Элементы теории Ландау фазовых переходов

Разложение свободной энергии вблизи фазового перехода по степеням параметра порядка и градиентам. Выражение свободной энергии через функциональный интеграл.

Разложение вблизи седла со спонтанно нарушенной симметрией на примере комплексного параметра порядка. Теорема Голдстоуна, звук.

Флуктуационный вклад в теплоёмкость.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Элементы теории фундаментальных взаимодействий

Цель дисциплины:

Цель курса состоит в том, чтобы познакомить студентов с дифференциально-геометрическим формализмом, лежащим в основе теорий калибровочных полей спинов 1 и 2 и его приложениями.

Задачи дисциплины:

познакомить студентов с основными понятиями и идеями в этой области, с постановкой задач и подходами к их решениям. Предполагается, что прослушав этот курс, студенты смогут приступить к научно-исследовательской работе под руководством научных руководителей в этой области.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия по теме дисциплины.

уметь:

- пользоваться развитыми в рамках дисциплины методами исследования, решать задачи по теме дисциплины.

владеть:

- математическим и понятийным аппаратом и методами исследований, составляющими содержание дисциплины.

Темы и разделы курса:

1. Электромагнитное поле на языке дифференциальных форм. Уравнения Максвелла. Тожества Бьянки и уравнения самодуальности. Законы сохранения. Топологические инварианты. Эффект Ааронова-Бома.

Дифференциальные формы. Электромагнитное поле как один-форма. Калибровочная инвариантность. Два-форма напряженности электромагнитного поля. Уравнения Максвелла. Тождества Бьянки и уравнения самодуальности. Законы сохранения как условия замкнутости дифференциальных форм. Топологические инварианты. Эффект Ааронова-Бома.

2. Неабелевы калибровочные поля и алгебры Ли.

Неабелевы калибровочные поля. Мотивация и ковариантная производная. Напоминание понятия алгебры Ли. Связь теории Янга-Миллса с алгебрами Ли. Закон калибровочных преобразований полей Янга-Миллса. Два-форма напряженности поля Янга-Миллса. Закон преобразований напряженности. Неабелевы тождества Бьянки.

3. Инвариантные функционалы в теории Янга-Миллса. Действие Янга-Миллса на языке дифференциальных форм. Уравнения Янга-Миллса в присутствии материи.

Инвариантные функционалы в теории Янга-Миллса. Звездочка Ходжа. Действие Янга-Миллса на языке дифференциальных форм. Вывод уравнений Янга-Миллса из вариационного принципа. Уравнения Янга-Миллса в присутствии материи.

4. Неабелевы уравнения самодуальности. Топологические инварианты. Плоские связности. Глобальные симметрии как остаточные калибровочные симметрии.

Неабелевы уравнения самодуальности. Топологические инварианты. Плоские связности. Локальное чисто калибровочное представление плоской связности. Глобальные симметрии как остаточные калибровочные симметрии плоских связностей.

5. Поля картановской гравитации как калибровочные поля группы Пуанкаре.

Алгебра Ли группы Пуанкаре. Калибровочные поля, напряженности, законы преобразований и тождества Бьянки калибровочных полей группы Пуанкаре. Их интерпретация как полей теории гравитации. Пространство Минковского на языке плоской связности группы Пуанкаре. Вывод вида преобразований группы Пуанкаре в пространстве Минковского как остаточной глобальной симметрии.

6. Принцип эквивалентности в картановской гравитации. Условие ковариантного постоянства тетрады. Выражение для лоренцевой связности.

Принцип эквивалентности в картановской гравитации. Связь диффеоморфизмов и калибровочных преобразований плоской связности. Условие ковариантного постоянства тетрады. Вывод выражения для лоренцевой связности через тетраду и ее производные.

7. Симметрии картановской гравитации. Вывод свойств тензора Римана из тождеств Бьянки. Топологические инварианты.

Симметрии картановской гравитации. Определение тензора Римана через два-форму лоренцевой напряженности. Вывод свойств тензора Римана из тождеств Бьянки. Топологические инварианты: эйлерова характеристика и число Понтрягина.

8. Взаимодействие с материей. Иллюстрация преимуществ картановской гравитации перед эйнштейновской на примере поля Дирака. Уравнения Эйнштейна, тензор Риччи, тензор энергии-импульса.

Взаимодействие гравитационного поля с материей. Напоминание понятий алгебры Клиффорда и гамма-матриц Дирака. Иллюстрация преимуществ картановской гравитации перед эйнштейновской на примере поля Дирака. Уравнения Эйнштейна, тензор Риччи, тензор энергии-импульса.

9. Действие гравитационного поля в формализме Картана. Уравнения гравитационных волн как уравнения безмассового поля спина два.

Действие гравитационного поля в формализме Картана. Уравнения гравитационных волн как уравнения безмассового поля спина два, вытекающие из линеаризации уравнений Эйнштейна. Калибровочные преобразования свободного поля спина два.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Ядерная физика

Цель дисциплины:

Целью данной дисциплины является формирование у студентов базовых знаний о структуре атомного ядра и ядерных реакций, а также знакомство с современными идеями на стыке ядерной физики и физики элементарных частиц.

Задачи дисциплины:

Основная задача дисциплины – дать студентам понимание основных концепций ядерной физики и обучить их, на примере решения задач, активно использовать полученные знания. Параллельно студенты углубляют знания по квантовой механике и знакомятся с простейшими представлениями физики частиц, которые необходимы для понимания природы ядерных сил и ядерных процессов при высоких энергиях.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Основные представления о ядерных силах;
- Структуру нуклон-нуклонного взаимодействия, следующего из свойств симметрии;
- Модели атомного ядра;
- Альфа-распад, бета-распад, гамма-излучение;
- Природу ядерных сил на кварковом уровне;
- Свойства ядерной материи в экстремальных условиях.

уметь:

- Определять размерность физических величин;
- Получать быстрые оценки физических величин;
- Использовать аппарат квантовой механики в задачах ядерной физики.

владеть:

- Совокупностью математических и квантовомеханических методов, используемых в ядерной физике.

Темы и разделы курса:

1. Натуральная система единиц. Основные свойства атомных ядер.

- Система $\hbar=c=1$. Базовые размерности.
- Определение размерности любой физической величины.
- Короткодействие ядерных сил. Размеры ядер.
- Атомная единица массы. Энергия связи и дефект массы.

2. Свойства протона и нейтрона. Спин, изоспин и дейтрон.

- Масса, спин и магнитный момент протона и нейтрона.
- Аномальный магнитный момент и внутренняя структура нуклона.
- Алгебра матриц Паули. Симметрия волновой функции двух нуклонов.
- Дейтрон и его основные характеристики.

3. Капельная модель ядра. Ядерная материя.

- Насыщение ядерных сил.
- Энергия связи как функция массового числа.
- Роль поверхностного натяжения.
- Кулоновская поправка на симметрию.

4. Модель оболочек. Магнитные моменты ядер.

- Магические числа.
- Схема заполнения оболочек с учетом спина и изоспина.
- Необходимость введения спин-орбитального взаимодействия.
- Магнитные моменты ядер. Добавка к магнитному моменту от спин-орбитальных сил.

5. Альфа-распад. Квазистационарные состояния.

- Опыт Резерфорда.
- Прохождение через потенциальный барьер.
- Квазистационарные состояния: время жизни, период полураспада, постоянная распада.
- Формула Брейта-Вигнера и S-матрица.
- Закон Гейгера-Нэттолла.

6. Бета-распад, обратный бета-распад, К-захват.

- Бета-распад и гипотеза нейтрино.
 - Размерная константа Ферми, кварковый механизм и современная картина бета-распада.
 - Вычисления по «золотому правилу Ферми», кривая Кюри.
 - Обратный бета-распад и К-захват. Формулы энергетического баланса.
7. Несохранение четности. График Кюри и масса нейтрино.
- Пространственная инверсия, полярный и аксиальный векторы.
 - Гипотеза Ли и Янга. Опыт Ву. Нарушающая четность корреляция при бета-распаде.
 - Правые и левые частицы. График Кюри и масса нейтрино. Осцилляции нейтрино.
8. Гамма-переходы. Деление ядер.
- Гамильтониан электромагнитного взаимодействия.
 - Мультипольное излучение. Операторы перехода и изменения четности.
 - Внутренняя конверсия и рождение пар. Деление ядер.
 - Спонтанное деление и потенциальный барьер.
 - Индуцированное деление и пример урана-235.
9. Принципы симметрии и нуклон-нуклонное взаимодействие.
- Трансляционная симметрия. Симметрия относительно вращения для частиц со спином.
 - Вращение для системы двух нуклонов.
 - Пространственная инверсия.
 - Антиунитарный оператор обращения времени.
 - Общий вид потенциала взаимодействия двух нуклонов.
10. Мезонная природа ядерных сил и кварки.
- Потенциал Юкавы.
 - Феноменологическая форма потенциала.
 - Мезоны и мезонные обмены.
 - Составная природа нуклона.
 - Первое знакомство с кварками.
 - Статическая кварковая модель адронов.
 - Формфактор и размер нуклона.
11. Ядерное вещество в экстремальных условиях.
- Ядра вдали от долины устойчивости и нейтронно-избыточные ядра.

- Ядра с электрическим зарядом > 137 .
- Высокие спины и деформации.
- Ядерная материя внутри нейтронных звезд.

12. Столкновение тяжелых ионов и кварк-глюонная плазма.

- Столкновения релятивистских тяжелых ионов.
- Коллайдеры RHIC и LHC.
- Температура, плотность, химический потенциал.
- Фазовая диаграмма КХД и возможные фазовые переходы.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Общая и прикладная физика

Язык Fortran для решения физических задач

Цель дисциплины:

Целью курса является изучение программирования на языке Фортран с применением технологии параллельных вычислений в приложении к решению физических задач.

Задачи дисциплины:

- освоение студентами языка программирования Фортран и технологии параллельных вычислений;
- приобретение студентами знаний в области программирования и компьютерного моделирования;
- оказание консультаций и помощи студентам при освоении языка программирования, разработке алгоритмов и написании компьютерных программ;
- приобретение навыков моделирования на компьютере физических задач.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- принцип построения программы и синтаксис языка Фортран;
- технологию параллельных вычислений MPI;
- простейшие методы численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений;
- метод Монте-Карло.

уметь:

- реализовать численный алгоритм решения задачи на языке Фортран;
- графически представить результаты расчета, как с помощью графических библиотек Фортрана, так и с помощью графических пакетов;
- анализировать полученное решение.

владеть:

- теоретическими и практическими знаниями по численной реализации алгоритма решения задачи на языке Фортран.

Темы и разделы курса:

1. Формирование проекта

Формирование проекта в операционных системах UNIX и WINDOWS. Командная строка и оболочка Visual Studio. Настройка проекта. Режимы Debug и Release. Поиск ошибки в исполняемом коде

2. Язык Фортран. Решение тестовых задач

Синтаксис, описание переменных, массивы, операторы, подпрограммы и функции. Решение тестовых задач.

3. Простейшие методы численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений

Простейшие методы численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Точность и порядок метода. Методы Эйлера, Эйлера-Крамера, предиктор-корректор. Задача о колебаниях линейного и нелинейного маятника с вынуждающей силой, резонансные кривые, переход в режим динамического хаоса.

4. Библиотека IMSL

Присоединение библиотеки к проекту. Сравнительное решение задачи о нелинейном маятнике методом предиктор-корректор и с помощью библиотечной программы.

5. Графическая визуализация численных результатов

Использование графических библиотек языка Фортран. Графические пакеты обработки и визуализации численных результатов GRAPHER и SURFER.

6. Технология параллельных вычислений MPI

Технология параллельных вычислений MPI. Основные понятия и общие процедуры. Передача и прием сообщений между отдельными процессами. Коллективные взаимодействия процессов. Группы и коммутаторы.

7. Метод Монте-Карло

Суть метода. Датчики случайных чисел. Методы обратного отображения и отбора-отказа. Точность метода.

8. Моделирование различных физических процессов методом Монте-Карло с применением параллельных вычислений

Задача о диффузии частиц, испускаемых точечным источником, вычисление зависимости от времени среднего смещения частиц, сравнение с формулой Эйнштейна. Вычисление функции распределения частиц по пространству и сравнение с точным аналитическим решением.

Задача о пространственно-энергетической релаксации моноэнергетического пучка частиц в среде газовой мишени. Установление равновесного распределения по энергии.