

03.04.01 Прикладные математика и физика

Очная форма обучения, 2017 года набора

Аннотации рабочих программ дисциплин

Вычислительные средства: СУБД

Цель дисциплины:

— освоение студентами теоретических основ функционирования систем управления реляционными базами данных, работающих в архитектуре «клиент-сервер»; планирования и проектирования информационных систем, методах и способах построения связанных информационных структур; приобретение базовых навыков самостоятельной научно-исследовательской работы.

Задачи дисциплины:

- изучение основных понятий и стандартов теории баз данных;
- знакомство с моделями данных, используемыми в СУБД;
- понимание теоретических основ функционирования систем управления реляционными базами данных, работающих в архитектуре «клиент-сервер»;
- освоение методов проектирования реляционных баз данных;
- приобретение навыков моделирования предметной области;
- знакомство с реляционной СУБД ORACLE, изучение ее возможностей и особенностей.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- основные исторические этапы в развитии теории баз данных как науки;
- основные понятия баз данных;
- основы теории организации и применения баз данных;
- уровни представления данных и методы обработки моделей представления данных;
- операции реляционной алгебры и исчисления, нормальные формы отношений;

☐ состав и синтаксис языка SQL;

☐ области применения технологий баз данных;

☐ приемы обработки выборки данных PL/SQL.

Уметь:

☐ пользоваться специальной литературой в изучаемой предметной области;

☐ обрабатывать данные с помощью команд языка запросов SQL;

☐ использовать программные средства;

☐ ориентироваться в системах управления базами данных, их архитектурах, возможностях, перспективах;

☐ разрабатывать схемы баз данных;

☐ демонстрировать освоение методов научно-исследовательской работы;

☐ демонстрировать способность целенаправленно организовать свою работу.

Владеть:

☐ методами описания схемы баз данных в современных СУБД;

☐ навыками чтения, понимания и выделения главной идеи прочитанного исходного кода.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Модель «объект – свойство отношение». Язык SQL.
- Основные понятия баз данных. Архитектура баз данных.
- Параллельные архитектуры БД. Распределенные базы данных.
- Представления, их значение; обновляемые представления. Транзакции.
- Процедуры, функции, пакеты. Триггеры, их основные свойства.
- Реляционная модель баз данных. Основы реляционной алгебры.
- Средства защиты данных в СУБД. Объектная модель данных. Объектно-ориентированные и объектно-реляционные БД. Этапы развития СУБД ORACLE. Перспективы развития технологий баз данных.
- Язык PL/SQL. Курсоры.

Основная литература:

1. Дейт К. Введение в системы баз данных. – 7 издание, - М.: Вильямс, 2002.
2. Саймон А. Стратегические технологии баз данных. – М.: Финансы и статистика, 2000.
3. Урман С. Oracle 10g: Программирование на языке PL/SQL - М.: Лори, 2007.

История, философия и методология естествознания

Цель дисциплины:

приобщить студентов к историческому опыту мировой философской мысли, дать ясное представление об основных этапах, направлениях и проблемах истории и философии науки, способствовать формированию навыков работы с предельными вопросами, связанными с границами и основаниями различных наук и научной рациональности, овладению принципами рационального философского подхода к процессам и тенденциям развития современной науки.

Задачи дисциплины:

- систематизированное изучение философских и методологических проблем естествознания с учетом историко-философского контекста и современного состояния науки;
- приобретение студентами теоретических представлений о многообразии форм человеческого опыта и знания, природе мышления, соотношении истины и заблуждения;
- понимание роль науки в развитии цивилизации, соотношение науки и техники и связанные с ними современные социальные и этические проблемы, умение различать исторические типы научной рациональности, знать структуру, формы и методы научного познания в их историческом генезисе, современные философские модели научного знания;
- знакомство с основными научными школами, направлениями, концепциями, с ролью новейших информационных технологий в мире современной культуры и в области гуманитарных и естественных наук;
- понимание смысла соотношения биологического и социального в человеке, отношения человека к природе, дискуссий о характере изменений, происходящих с человеком и человечеством на рубеже третьего тысячелетия;
- знание и понимание диалектики формирования личности, ее свободы и ответственности, своеобразие интеллектуального, нравственного и эстетического опыта разных исторических эпох.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны
знать:

- структуру естественных и социо-гуманитарных наук, специфику их методологического

аппарата;

- соотношение принципов и гипотез в построении научных систем и теорий;
- основы современной научной картины мира, базовые принципы научного познания и ключевые направления междисциплинарных исследований;
- концепции развития науки и разные подходы к проблеме когнитивного статуса научного знания;
- проблему материи и движения;
- понятия энергии и энтропии;
- проблемы пространства–времени;
- современные проблемы физики, химии, математики, биологии, экологии;
- великие научные открытия XX и XXI веков;
- ключевые события истории развития науки с древнейших времён до наших дней;
- взаимосвязь мировоззрения и науки;
- проблему формирования мировоззрения;
- систему интердисциплинарных отношений в науке, проблему редукционизма в науке;
- теоретические модели фундаментальных процессов и явлений в физике и ее приложениях к естественным наукам;
- о Вселенной в целом как физическом объекте и ее эволюции;
- о соотношении порядка и беспорядка в природе, о проблемах нелинейных процессов и самоорганизующихся систем;
- динамические и статистические закономерности в природе;
- о роли вероятностных описаний в научной картине мира;
- принципы симметрии и законы сохранения;
- новейшие открытия естествознания для создания технических устройств;
- особенности биологической формы организации материи, принципы воспроизводства и развития живых систем;
- о биосфере и направлении ее эволюции.

уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, гипотезы, доказательства, законы;
- применять методологию естествознания при организации конкретных исследований;
- дать панораму наиболее универсальных методов и законов современного естествознания.

Владеть:

- научной методологией как исходным принципом познания объективного мира;
- принципами выбора адекватной методологии исследования конкретных научных проблем;
- системным анализом;
- знанием научной картины мира;
- понятийным и методологическим аппаратом междисциплинарных подходов в науке.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Возникновение и развитие науки на Западе и на Востоке
- Методология научного и философского познания
- Современная философия о проблемах естественнонаучного знания
- Современная философия о проблемах естественнонаучного знания
- Современная философия о проблемах социального и гуманитарного знания
- Наука, религия, философия
- Проблема кризиса культуры в научном и философском дискурсе
- Наука и философия о природе сознания

Основная литература:

1. Западная философия от истоков до наших дней [Текст] : [в 4 т.] Т. 3. От Возрождения до Канта / С. А. Мальцева, Д. Антисери, Дж. Реале .— СПб. : Пневма, 2004, 2010 .— 880 с.
2. Западная философия от истоков до наших дней [Текст] : [в 4 т.] / Д. Антисери, Дж. Реале ; пер. с итал. под ред. С. А. Мальцевой .— СПб. : Пневма, 2003. — Т. 1-2: Античность и Средневековье. - 2003. - 688 с.
3. Западная философия от истоков до наших дней [Текст] : [в 4 т.] Т. 4 / Д. Антисери, Дж. Реале; пер. с итал. под ред. С. А. Мальцевой .— СПб. : Пневма, 2003, 2008 .— 880 с.
4. Западная философия от истоков до наших дней [Текст]: [в 4 т.] / Д. Антисери, Дж. Реале; пер. с итал. С. А. Мальцевой .— СПб. : Пневма, 2004 .— Т. 3: От Возрождения до Канта. - 2004. - 880 с.
5. Философия [Текст] : Хрестоматия / сост. П. С. Гуревич .— М. : Гардарики, 2002 .— 543 с.
6. Философия науки [Текст] : учебник для магистратуры / под ред. А. И. Липкина ; Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Юрайт, 2015 .— 512 с

Квантовая теория калибровочных полей

Цель дисциплины:

- получение студентами прочных знаний в области современной физики элементарных частиц, освоение ими квантовой теории калибровочных полей, являющейся основным математическим аппаратом описания всех фундаментальных взаимодействий в микромире, а также приобретение базовых навыков самостоятельной научно-исследовательской работы.

Задачи дисциплины:

- ▣ формирование базовых знаний в области теоретической физики элементарных частиц;
- ▣ обучение студентов современным методам теоретического описания различных процессов фундаментальных взаимодействий и навыкам решения сопутствующих задач;
- ▣ формирование у студентов профессиональных навыков, необходимых им при проведении исследований в области теоретической физики в рамках выпускных работ на степень магистра.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- ▣ фундаментальные взаимодействия в микромире;
- ▣ принцип локальной калибровочной инвариантности;
- ▣ правила построения калибровочно-инвариантных лагранжианов;
- ▣ теоретико-групповое и геометрическое описание классических калибровочных полей;
- ▣ особенности классической динамики калибровочных полей (вторая теорема Нетер);
- ▣ обобщенную гамильтонову динамику систем со связями;
- ▣ методы квантования систем со связями;
- ▣ правила квантования калибровочных теорий методом функционального интегрирования;
- ▣ геометрическую интерпретацию детерминанта Фаддеева-Попова;
- ▣ тождества Славнова-Тейлора и их роль в доказательстве перенормируемости калибровочных теорий;
- ▣ эффект Хиггса и доказательство перенормируемости спонтанно нарушенной неабелевой калибровочной теории.

Уметь:

☐ эффективно применять вышеуказанные знания на практике для решения фундаментальных и прикладных научных задач в области современной теоретической физики элементарных частиц.

Владеть:

☐ техникой построения лагранжиана калибровочной теории по заданной калибровочной группе;

☐ правилами выбора калибровочных условий;

☐ методом функционального интегрирования в квантовой теории поля (в лагранжевом и гамильтоновом формализмах, по бозонным и грассмановым переменным);

☐ техникой построения эффективного квантового лагранжиана для заданной калибровочной группы и выбранной калибровки;

☐ методом введения духовых переменных в квантовую теорию неабелевых калибровочных полей;

☐ методом построения правил Фейнмана для калибровочной теории, заданной калибровочной группой, калибровочным условием и набором полей «материи»;

☐ техникой перехода от одной калибровки к другой при квантовании калибровочных теорий;

☐ методами описания топологически нетривиальных полевых конфигураций типа монополей 'т Хоофта-Полякова.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Введение.
- Выбор калибровки. Неоднозначности Грибова.
- Гамильтоново описание неабелевых калибровочных теорий. Связи в фазовом пространстве.
- Глобальные и локальные симметрии. Принцип локальной калибровочной инвариантности и его следствия.
- Детерминант Фаддеева-Попова и поля духов. Геометрическая интерпретация детерминанта Фаддеева-Попова.
- Квантование неабелевой калибровочной теории методом функционального интегрирования. Переход от кулоновской калибровки к лоренцевской в функциональном интеграле.
- Квантование систем со связями методом функционального интегрирования.
- Монополи в неабелевых теориях.
- Обобщенная гамильтонова динамика систем со связями. Скобки Дирака.
- Операторное квантование систем со связями первого и второго рода.
- Особенности классической динамики калибровочных полей. Вторая теорема Нетер и ее следствия.

- Правила Фейнмана в неабелевой теории поля в разных калибровках и для разных наборов полей материи.
- Тождества Славнова-Тейлора и их роль в доказательстве перенормируемости квантовой теории неабелевых калибровочных полей.
- Унитарность квантовой теории неабелевого калибровочного поля в разных калибровках. Функциональный интеграл в квантовой механике и в квантовой теории поля. Лагранжев и гамильтонов формализмы. Интегрирование по бозонным и грассмановым переменным.
- Элементы теории групп Ли (геометрические аспекты). Лагранжиан неабелевой калибровочной теории. Эффект Хиггса. Перенормируемость спонтанно нарушенной неабелевой калибровочной теории.

Основная литература:

1. Славнов А.А., Фаддеев Л.Д. Введение в квантовую теорию калибровочных полей. 2-е изд. - М.: Наука, 1988.
2. Рубаков В.А. Классические калибровочные поля. Бозонные теории. 2-е изд. - М.: URSS, 2005.
3. Коноплева Н.П., Попов В.Н. Калибровочные поля. 2-е изд., - М.: Атомиздат, 1980.
4. Квантовая теория калибровочных полей. Сб. статей. Перевод с англ. под ред. Н.П. Коноплевой. - М.: Мир, 1977.
5. Нестеренко В.В., Червяков А.М. Сингулярные лагранжианы. Классическая динамика и квантование. Лекции для молодых ученых. ОИЯИ Р2-86-323, Дубна, 1986.

Квантовая хромодинамика

Цель дисциплины:

- освоение студентами фундаментальных знаний в области современной физики элементарных частиц, изучение основ теории сильных взаимодействий и методов теоретического описания различных процессов адронной физики, а также приобретение базовых навыков самостоятельной научно-исследовательской работы.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области теоретической физики элементарных частиц;

- ☐ обучение студентов современным методам теоретического описания различных процессов сильного взаимодействия и навыкам решения сопутствующих задач;
- ☐ формирование подходов к выполнению студентами исследований в области теоретической физики в рамках выпускных работ на степень магистра.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны
знать:

- ☐ лагранжиан квантовой хромодинамики;
- ☐ особенности квантования калибровочных теорий;
- ☐ правила Фейнмана для квантовой хромодинамики;
- ☐ перенормировку в квантовой хромодинамике;
- ☐ уравнения ренормализационной группы;
- ☐ определение и свойства инвариантного заряда квантовой хромодинамики;
- ☐ асимптотическую свободу в квантовой хромодинамике;
- ☐ партонную модель, партонные функции распределения и функции фрагментации;
- ☐ особенности описания процессов сильного взаимодействия во времениподобной области;
- ☐ операторное разложение и вакуумные конденсаты;
- ☐ особенности описания мезонов и барионов в рамках потенциального подхода;
- ☐ модель мешков;
- ☐ уравнения самодуальности, одноинстантонное решение и его свойства.

Уметь:

- ☐ эффективно применять вышеуказанные знания на практике для решения фундаментальных и прикладных научных задач в области современной теоретической физики элементарных частиц.

Владеть:

- ☐ техникой вычисления основных характеристик процессов сильного взаимодействия;
- ☐ основными методами регуляризации импульсных интегралов;
- ☐ основными схемами вычитания расходимостей;
- ☐ методом ренормализационной группы в квантовой хромодинамике;
- ☐ методом дисперсионных соотношений;
- ☐ методом правил сумм в квантовой хромодинамике;
- ☐ техникой описания мезонов в рамках потенциального подхода;

- техникой описания адронов в рамках модели мешков;
- техникой описания топологически нетривиальных полевых конфигураций.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Введение.
- Вклад сильного взаимодействия в электрослабые процессы.
- Инвариантный заряд и асимптотическая свобода в квантовой хромодинамике.
- Инклюзивный распад тау-лептона в адроны.
- Конфайнмент кварков: модель мешков.
- Конфайнмент кварков: потенциальные модели.
- Метод ренормализационной группы в квантовой хромодинамике.
- Партоновая модель.
- Правила сумм в квантовой хромодинамике.
- Расходимости в квантовой теории поля и их устранение методом перенормировки.
- Топологическая структура вакуума в квантовой хромодинамике.
- Электрон-позитронная аннигиляция в адроны.

Основная литература:

1. Н.Н. Боголюбов, Д.В. Ширков. Введение в теорию квантованных полей (4 изд., испр.). - М.: Наука, 1984.
2. А.А. Славнов, Л.Д. Фаддеев. Введение в квантовую теорию калибровочных полей (2 изд.). - М.: Наука, 1988.
3. С. Вайнберг. Квантовая теория поля, т. 1, 2. - М.: Физматлит, 2003.
4. F.J. Yndurain. The Theory of Quark and Gluon Interactions (4th ed.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006.
5. W. Greiner, S. Schramm, and E. Stein. Quantum Chromodynamics (3rd ed.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007.

Квантовые интегрируемые системы

Цель дисциплины:

- освоение студентами фундаментальных знаний в области современной математической

физики, изучение основ теории точно решаемых одномерных квантово-механических моделей и двумерной статистической, а также приобретение базовых навыков самостоятельной научно-исследовательской работы.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области современной математической и теоретической физики;
- обучение студентов современным методам теоретического описания различных моделей допускающих точное решение на классическом и квантовом уровнях и навыкам решения соответствующих задач;
- формирование подходов к выполнению студентами исследований в области математической и теоретической физики в рамках выпускных работ на степень магистра.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- ☐ метод решения двумерной модели Изинга (МИ);
- ☐ Термодинамический предел и доказательство существования критической точки и фазового перехода в МИ;
- ☐ высоко- и низкотемпературное разложения статистической суммы МИ;
- ☐ параметры порядка и беспорядка в МИ;
- ☐ МИ как модель свободных фермионов;
- ☐ формулировку МИ как вершинной модели;
- ☐ 6-вершинную модель льда на квадратной решетке;
- ☐ модель одномерной спиновой цепочки Гейзенберга;
- ☐ координатный анзац Бете;
- ☐ алгебраический анзац Бете и уравнение Янга-Бакстера для матриц монодромии;
- ☐ метод получения уравнений Бете в точно-решаемых моделях;
- ☐ решение обратной задачи – восстановление локальных операторов из данных монодромии;
- ☐ функциональный анзац Бете для квантово-механической цепочки Тоды;
- ☐ координатный Q-оператор Бакстера.

Уметь:

☑ эффективно применять вышеуказанные знания на практике для решения фундаментальных и прикладных научных задач в области современной математической и теоретической физики.

Владеть:

- ☑ техникой вычисления высокотемпературного и низкотемпературного разложения статистических сумм в МИ;
- ☑ техникой вычисления статсуммы МИ из теории представлений алгебры Клиффорда;
- ☑ методом координатного анзаца Бете;
- ☑ методом алгебраического анзаца Бете;
- ☑ методом функционального анзаца Бете или методом разделения переменных;
- ☑ техникой построения собственных векторов квантовых интегралов движения;
- ☑ техникой получения уравнений Бете;
- ☑ техникой построения координатного Q-оператора Бакстера.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Алгебраический анзац Бете.
- Введение. Формулировка модели Изинга.
- Дуальность в МИ и параметр беспорядка.
- Интегрируемость цепочки Тоды.
- Координатный Q-оператор Бакстера.
- Координатный анзац Бете.
- Метод разделения переменных.
- Модель Изинга и свободные фермионы.
- Модель Изинга как вершинная модель.
- Модель льда на квадратной решетке и уравнения Янга-Бакстера.
- Решение модели Изинга по методу Б.Кауфман
- Решение обратной задачи.
- Связь модели льда и одномерной XXZ спиновой цепочки.
- Температурное разложение статсуммы МИ.
- Уравнение Бете. Функциональный Бете анзац.
- Общая трудоёмкость

Основная литература:

1. А. А. Белавин, А. Г. Кулаков, Р. А. Усманов. Лекции по теоретической физике. - М.: МЦНМО, 2001 г.
2. Р. Бэкстер. Точно решаемые модели статистической физики. - М.: Мир, 1985 г.

Распределенные вычисления и GRID технологии

Цель дисциплины:

- освоение студентами основ технологии ГРИД, как одной из перспективнейших в ряду современных IT технологий.

Задачи дисциплины:

- знакомство с основными функциями промежуточного программного обеспечения (ППО, Middleware);
- изучение основных типов сервисов, ресурсов и подсистем ППО;
- понимание вопросов безопасности и мониторинга ГРИД;
- приобретение базовых навыков для управления файлами в ГРИД, запуска различного типа заданий.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- историю развития, предпосылки создания, общую концепцию ГРИД;
- архитектуру ГРИД (gLite, Globus);
- информационные службы и сервисы в ГРИД;
- управление задачами в gLite;
- протоколы передачи данных;
- технологии мониторинга ГРИД; Назначение. Объекты мониторинга. Способы получения информации. Различные технологии мониторинга;
- перспективы использования компьютерных технологии для решении масштабных задач;
- перспективные направления развития компьютерных технологий.

Уметь:

- пользоваться специальной литературой в изучаемой предметной области;
- управлять задачами в gLite;
- работать с сервисом управления данными в gLite;
- демонстрировать освоение методов научно-исследовательской работы;
- демонстрировать способность целенаправленно организовать свою работу.

Владеть:

- ☐ навыками для управления файлами в ГРИД;
- ☐ навыками запуска различного типа заданий.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Архитектура ГРИД (gLite, Globus) .
- Введение в ГРИД.
- Информационные службы в ГРИД
- Мониторинг ГРИД.
- Основы безопасности в ГРИД.
- Перспективные направления развития компьютерных технологий. SOA
- Перспективы использования компьютерных технологии для решении масштабных задач.
- Управление данными в ГРИД.
- Управление задачами в gLite.

Основная литература:

1. Я. Фостер, К. Кессельман, Д.М. Ник, С. Тьюке Физиология грид: открытая архитектура грид-служб для интеграции распределенных систем. URL:
http://gridclub.ru/library/publication.2004-11-29.8307957187/publ_file/
2. Я. Фостер, К. Кессельман, С. Тьюке Анатомия грид: создание масштабируемых виртуальных организаций. URL: http://gridclub.ru/library/publication.2004-11-29.7104738919/publ_file/
3. А.П. Демичев, В.А. Ильин, А.П. Крюков Введение в грид-технологии // Препринт НИИЯФ МГУ - 2007 - 11/832, М., 2007 URL: <http://egee.pnpi.nw.ru/doc/pp-832.pdf>
4. Базовые грид-сервисы промежуточного программного обеспечения gLite (руководство пользователя) [URL:http://grid.sinp.msu.ru/grid/_media/roc/rukpolzovatelya_cicglite.pdf](http://grid.sinp.msu.ru/grid/_media/roc/rukpolzovatelya_cicglite.pdf)

Сверхпроводимость и сверхтекучесть

Цель дисциплины:

- освоение студентами фундаментальных знаний в области современной физики

сверхпроводимости, изучение основ теории и методов теоретического описания различных процессов в сверхпроводящих структурах, а также приобретение базовых навыков самостоятельной научно-исследовательской работы.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области теоретической физики сверхпроводимости;
- обучение студентов современным методам теоретического описания различных сверхпроводящих структур и навыкам решения сопутствующих задач;
- формирование подходов к выполнению студентами исследований в области теоретической физики в рамках выпускных работ на степень магистра.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- ☐ уравнения Лондонов;
- ☐ особенности термодинамики сверхпроводящего перехода;
- ☐ основные идеи микроскопической теории сверхпроводимости;
- ☐ критерий сверхтекучести Ландау;
- ☐ пробную волновую функцию сверхпроводящего состояния;
- ☐ энергию и волновую функцию основного и первого возбужденного состояния;
- ☐ энергетический спектр сверхпроводников;
- ☐ температурную зависимость энергетической щели;
- ☐ термодинамику сверхпроводников;
- ☐ теорию Гинзбурга-Ландау;
- ☐ квантование магнитного потока;
- ☐ сверхпроводимость второго рода;
- ☐ андреевское отражение;
- ☐ эффект близости в сверхпроводниках;
- ☐ туннельную плотность состояний;
- ☐ метод туннельного гамильтониана;
- ☐ уравнения Джозефсона;

- ☐ эффект Джозефсона в магнитном поле;
- ☐ переменный эффект Джозефсона и ступеньки Шапиро;
- ☐ волны Сфихарта и ступеньки Фиске;
- ☐ заряд квазичастицы в сверхпроводнике;
- ☐ внутренний эффект Джозефсона в высокотемпературных сверхпроводниках;
- ☐ плазменные осцилляции в джозефсоновском переходе.

Уметь:

- ☐ эффективно применять вышеуказанные знания на практике для решения фундаментальных и прикладных научных задач в области современной теоретической физики сверхпроводимости.

Владеть:

- ☐ основными методами теории БКШ;
- ☐ техникой вычисления пробной волновой функции сверхпроводящего состояния;
- ☐ техникой вычисления энергии и волновой функции основного и первого возбужденного состояния;
- ☐ техникой вычисления энергетического спектра сверхпроводников;
- ☐ техникой расчета температурной зависимости энергетической щели;
- ☐ методом туннельного гамильтониана;
- ☐ методом описания эффекта Джозефсона в магнитном поле;
- ☐ методом описания переменного эффект Джозефсона;
- ☐ методом описания внутреннего эффект Джозефсона в высокотемпературных сверхпроводниках.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Введение.
- Макроскопическая теория сверхпроводимости.
- Метод туннельного гамильтониана.
- Неравновесная сверхпроводимость и внутренний эффект Джозефсона.
- Основное состояние и элементарные возбуждения в сверхпроводниках
- Основные идеи микроскопической теории.
- Переменный эффект Джозефсона.
- Сверхпроводимость второго рода.
- Сверхпроводящая корреляция и поверхностная энергия.
- Сверхпроводящие структуры.
- Сверхтекучесть.
- Структура сверхпроводник-изолятор сверхпроводник.

- Теория Гинзбурга-Ландау.
- Термодинамика сверхпроводников.
- Энергетический спектр сверхпроводников. Эффект близости в сверхпроводниках. Эффект Джозефсона в магнитном поле.

Основная литература:

1. Основы теории металлов [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / А. А. Абрикосов . — 2-е изд., доп. и испр. — М. : Физматлит, 2009, 2010 . — 600 с.
2. Введение в физику сверхпроводников [Текст] : учеб. пособие для физ. спец. вузов : доп. М-вом высш. и сред. спец. образования СССР / В. В. Шмидт . — М. : Наука, 1982 . — 237 с. - Библиогр.: с. 230-232. - Предм. указ.: с. 233-235. - 10 500 экз.
3. Тинкхам М. Введение в сверхпроводимость. М.: Атомиздат, 1980, 310 с. (М. Tinkham. Introduction to Superconductivity. New York: McGraw-Hill (2 Ed.), 1996.)
4. J. B. Ketterson, S. N. Song. Superconductivity. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.

Современные проблемы естествознания и устойчивого развития.

Теоретическая физика

Цель дисциплины:

дать студентам, поступившим в магистратуру и не имеющим необходимой подготовки по курсам базовой и вариативной части Б.3 кода УЦ ООП блока «Теоретическая физика» знания, необходимые для описания различных физических явлений методами теоретической физики, методы построения соответствующих математических моделей, показать соответствие системы постулатов, положенных в основу теории классической теории поля, квантовой механики и статистической физики, существующим экспериментальным данным, что позволяет считать теорию достоверной в области её применимости. Дать навыки, позволяющие понять как адекватность теоретической модели соответствующему физическому явлению, так и её пределы применимости.

Задачи дисциплины:

- изучение математического аппарата специальной теории относительности, релятивистской

механики и классической микроскопической электродинамики;

- изучение методов решения задач релятивистской кинематики и динамики и классической микроскопической электродинамики;
- изучение методов описания систем заряженных частиц и создаваемых ими электромагнитных полей, в том числе систем взаимодействующих с внешним электромагнитным полем;
- овладение студентами методами релятивистской механики и классической микроскопической электродинамики для описания свойств различных конкретных физических систем.
- изучение математического аппарата нерелятивистской квантовой механики;
- изучение методов решения задач нерелятивистской квантовой механики;
- изучение методов решения задач, описывающих микроскопические (квантовые) системы;
- овладение студентами методами нерелятивистской квантовой механики одночастичных систем.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны
знать:

- постулаты и принципы специальной теории относительности, релятивистской механики и классической микроскопической электродинамики, методы описания релятивистских частиц и систем заряженных частиц, а также электромагнитного поля, создаваемого заряженными частицами и взаимодействующего с ними;
- основные уравнения и свойства электромагнитного поля;
- основные методы математического аппарата специальной теории относительности, релятивистской механики и классической электродинамики: трехмерную тензорную алгебру, векторный анализ и аппарат четырехмерных векторов и тензоров;
- основные методы решения задач релятивистской кинематики и динамики и классической микроскопической электродинамики, включая движение заряженных частиц в электромагнитном поле и создание поля системами заряженных частиц;
- методы и способы описания излучения электромагнитных волн системами заряженных частиц;
- методы описания рассеяния электромагнитных волн заряженными частицами.
- 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.

Уметь:

- пользоваться аппаратом трехмерного векторного анализа;
- пользоваться аппаратом трехмерной тензорной алгебры;
- пользоваться аппаратом четырехмерных векторов и тензоров;
- решать кинематические задачи с участием релятивистских частиц;
- решать задачи о движении релятивистских заряженных частиц в заданном внешнем электромагнитном поле различной конфигурации;
- применять метод мультипольных моментов для решения задач электростатики и магнитостатики;
- решать задачи про излучение электромагнитных волн системами нерелятивистски движущихся заряженных частиц, используя мультипольные моменты;
- решать задачи про излучение электромагнитных волн релятивистски движущимися заряженными частицами.
- 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;
- решать простые модельные задачи и применять квазиклассическое приближение для оценки уровней энергии и вероятностей проникновения 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;

Владеть:

- основными методами математического аппарата специальной теории относительности, релятивистской механики и классической микроскопической электродинамики;
- навыками теоретического анализа реальных задач, связанных как со свойствами систем

заряженных частиц, взаимодействующих с электромагнитным полем, так и со свойствами самого электромагнитного поля, создаваемого заряженными частицами

- 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.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Принцип относительности и преобразования Лоренца. Четырехмерное псевдоевклидово пространство Минковского и математический аппарат теории относительности
- Движение свободной релятивистской частицы и релятивистская кинематика
- Классическая система зарядов в электромагнитном поле
- Уравнения Максвелла как обобщение опытных фактов
- Энергия системы зарядов в электромагнитном поле.
- Свободное электромагнитное поле. Излучение
- Математический аппарат квантовой механики, теория представлений
- Уравнение Шредингера и его свойства. Временная эволюция физической системы. Симметрии в квантовой механике и законы сохранения
- Момент импульса
- Задача двух тел. Движение в поле центрально-симметричного потенциала
- Квазиклассическое приближение
- Стационарная теория возмущений. Метод функции Грина. Теория рассеяния. Борновское приближение.
- Нестационарная теория возмущений. Представление взаимодействия

Основная литература:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т. 2. Теория поля. — М.: Наука, 1988.
2. Белоусов Ю.М. Методы теоретической физики. Часть 1. — М.: МФТИ, 2010.
3. Белоусов Ю.М. Курс квантовой механики. Нерелятивистская теория. — М.: МФТИ, 2006.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. — М.: Наука, 2002.
5. Белоусов Ю.М., Бурмистров С.Н., Тернов А.И. Задачи по теоретической физике. — Долгопрудный: ИД «Интеллект», 2012.
6. Галицкий В.М., Карнаков Б.М., Коган В.И. Задачи по квантовой механике. — М.: Наука, 1981.

Суперсимметричные модели в физике элементарных частиц

Цель дисциплины:

- освоение студентами фундаментальных знаний в области современной физики элементарных частиц, изучение теоретических концепций физики высоких энергий за пределами Стандартной Модели, а также приобретение базовых навыков самостоятельной научно-исследовательской работы.

Задачи дисциплины:

- ▣ формирование базовых знаний в области теоретической физики и физики элементарных частиц;
- ▣ обучение студентов современным методам теоретического описания явлений физики высоких энергий и навыкам решения сопутствующих задач;
- ▣ формирование подходов к выполнению студентами исследований в области теоретической физики в рамках выпускных работ на степень магистра.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- ▣ Преобразования суперсимметрии. Компонентные поля. Вспомогательные поля.
- ▣ Генераторы суперсимметрии.
- ▣ Алгебру суперсимметрии.
- ▣ Двух- и четырех-компонентные спиноры.
- ▣ Грассмановы переменные.
- ▣ Суперпространство и суперполя. Супермультиплеты.
- ▣ Киральные и антикиральные суперполя.
- ▣ Модель Весса-Зумино.
- ▣ Векторные суперполя.
- ▣ Калибровку Весса-Зумино.
- ▣ Лагранжиан $\mathcal{N}=1$ суперсимметричной теории Янга-Миллса.
- ▣ Лагранжиан $\mathcal{N}=1$ суперсимметричной теории Янга-Миллса с полями материи.
- ▣ Суперпотенциал.

- ☐ Скалярный потенциал в моделях с суперсимметрией.
- ☐ Механизм О'Райфери.
- ☐ Механизм Файе-Илиопулоса.
- ☐ МССМ – Минимальная суперсимметричная Стандартная Модель.
- ☐ R-четность.
- ☐ Нарушение суперсимметрии в МССМ. Параметры мягкого нарушения суперсимметрии.
- ☐ Массовые матрицы и смешивания.
- ☐ Уравнения ренормгруппы для параметров модели.
- ☐ Ограничения на массу легчайшего хиггсовского бозона в МССМ.
- ☐ Радиационное нарушение электрослабой симметрии в МССМ.
- ☐ Спектр бозонов Хиггса в МССМ.
- ☐ Теоретические и экспериментальные ограничения на значения параметров МССМ.
- ☐ Модели с расширенным хиггсовским сектором.
- ☐ Модели с нарушенной R-четностью.
- ☐ Модели с различными механизмами нарушения суперсимметрии.
- ☐ Суперсимметричные теории Великого Объединения.
- ☐ Основные процессы рождения и каналы распадов суперпартнеров.
- ☐ Последние результаты по экспериментальному поиску суперсимметрии.
- ☐ N=2 суперсимметричная теория Янга-Миллса. N=2 гипермультиплет.
- ☐ N=4 суперсимметричная теория Янга-Миллса.

Уметь:

- ☐ эффективно применять вышеуказанные знания на практике для решения фундаментальных и прикладных научных задач в области современной теоретической физики высоких энергий.

Владеть:

- ☐ техникой работы с двух- и четырех-компонентными спинорами;
- ☐ техникой работы с грассмановыми переменными;
- ☐ техникой построения суперсимметричных лагранжианов;
- ☐ техникой построения и диагонализации массовых матриц суперчастиц;
- ☐ техникой описания процессов рождения и распадов суперчастиц.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- $N=1$ суперсимметрия
- Бозоны Хиггса в суперсимметричных теориях.
- Минимальная суперсимметричная Стандартная Модель
- Неминимальные суперсимметричные расширения Стандартной Модели.
- Поиск суперсимметрии в неускорительных экспериментах.
- Поиск суперсимметрии в ускорительных экспериментах.
- Понятие о расширенной суперсимметрии.
- Преобразования суперсимметрии. Алгебра суперсимметрии.
- Пространство параметров МССМ.
- Пути решения проблем Стандартной Модели с помощью суперсимметрии.
- Спонтанное нарушение суперсимметрии.
- Стандартная Модель фундаментальных взаимодействий.

Основная литература:

1. Весс Ю., Беггер Д. Суперсимметрия и супергравитация. - М.: Мир, 1986.
2. Уэст П. Введение в суперсимметрию и супергравитацию. - М.: Мир, 1989.
3. Вайнберг С., Квантовая теория поля, т. 3. Суперсимметрия, - М.: ФАЗИС, 2002.

Фазовые переходы и критические явления

Цель дисциплины:

- освоение студентами фундаментальных знаний в области современной теории фазовых переходов и критических явлений, основанной на точных результатах для модельных систем и на применении методов ренормализационной группы и конформной теории поля. Будут представлены теории термодинамического и конечномерного подобию, статистико-механического эффекта Казимира.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области статистической физики классических и квантовых систем многих, сильно взаимодействующих частиц;
- обучение студентов современным методам теоретического описания фазовых переходов и критического состояния вещества;

☐ формирование подходов к выполнению студентами исследований в области статистической физики в рамках выпускных работ на степень магистра.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны
знать:

- ☐ феноменологию фазовых переходов;
- ☐ определение параметра дальнего порядка в микроскопической теории;
- ☐ определение критических показателей при фазовом переходе второго рода;
- ☐ основы подхода ренормализационной группы к критическим явлениям;
- ☐ масштабные преобразования корреляционных функций;
- ☐ гипотезы универсальности и скейлинга;
- ☐ особенности перехода от решеточных к континуальным моделям;
- ☐ определения и свойства группы конформных преобразований;
- ☐ конформные преобразования метрического тензора;
- ☐ определение тензора напряжений и его свойства;
- ☐ коммутационные соотношения алгебры Вирасоро;
- ☐ определение образующих алгебры Вирасоро через действие тензора напряжений;
- ☐ определение и свойства первичных полей;
- ☐ структуру операторной алгебры локальных полей;
- ☐ разложения операторных произведений и их свойства;
- ☐ конформное тождество Уорда;
- ☐ условие существования минимальных конформных теорий поля и их свойства;
- ☐ первичные поля для двумерной модели Изинга в скейлинговом пределе;
- ☐ эффекты конечных размеров на свободную энергию системы.

Уметь:

- ☐ эффективно применять вышеуказанные знания на практике для решения фундаментальных и прикладных научных задач в области современной статистической физики - теории фазовых переходов и критических явлений.

Владеть:

- ☐ методом масштабных преобразований в реальном пространстве;
- ☐ техникой вычисления основных критических показателей;

- ▣ методом ренормализационной группы в реальном пространстве;
- ▣ методом перехода от решеточной к континуальной теории;
- ▣ техникой конформных преобразований корреляционных функций;
- ▣ техникой преобразования классического действия при произвольном преобразовании координат.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Алгебра Вирасоро. Структура операторной алгебры локальных полей.
- Введение. Фазовые переходы.
- Конформные преобразования. Тензор напряжений.
- Критические показатели. Теория Ли и Янга.
- Метод ренормализационной группы (часть I). Метод ренормализационной группы (часть II).
- Минимальные конформные теории поля. Первичные поля для двумерной модели Изинга.
- Разложения операторных произведений. Конформное тождество Уорда.
- Теория конечномерного подполя. Критический эффект Казимира.

Основная литература:

1. Боголюбов Н.Н., Боголюбов Н.Н. (мл.). Введение в квантовую статистическую механику. «Наука», Москва, 1984.
2. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. Т. 2: Теория равновесных систем. Статистическая физика. «УРСС», Москва, 2002.
3. Ма Ш. Современная теория критических явлений. «Мир», Москва, 1980.
4. Фишер М. Теория сингулярностей в критической точке. В сборнике: Ф. Дайсон, Э. Монролл, М. Кац, М. Фишер. Устойчивость и фазовые переходы. «Мир», Москва, 1973.
5. Синай Я.Г. Теория фазовых переходов. «Наука», Москва, 1980.

Элементы нейтринной физики и астрофизики

Цель дисциплины:

- освоение студентами фундаментальных знаний в области современной нейтринной физики и астрофизики, изучение основ теории слабых взаимодействий и решения проблемы включения

массы нейтрино в Стандартную, смешивания поколений, теории нейтринных осцилляций, методов детектирования нейтрино, механизмов образования нейтрино в атмосфере Земли, Солнце и других астрофизических источниках, а также приобретение базовых навыков самостоятельной научно-исследовательской работы.

Задачи дисциплины:

- ▣ формирование базовых знаний в области теоретической и экспериментальной физики элементарных частиц и астрофизики;
- ▣ обучение студентов современным методам теоретического описания различных процессов слабого взаимодействия;
- ▣ формирование подходов к выполнению студентами исследований в области теоретической физики в рамках выпускных работ на степень магистра.

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- ▣ лагранжиан Стандартной Модели (СМ), механизм Хиггса;
- ▣ общую структуру дираковского и майорановского массовых членов в лептонном секторе СМ;
- ▣ алгоритм Мурнагана для параметризации вакуумной матрицы смешивания;
- ▣ качельный механизм генерации масс нейтрино ("see-saw"), классификацию различных типов see-saw (I, II, III, обратный, радиационный, двойной, квадратичный), классификацию текстур массовой матрицы, 2- и 3-максимальное смешивание;
- ▣ квантовомеханическую теорию нейтринных осцилляций, МСВ механизм, влияние эффекта неупругих взаимодействий нейтрино с веществом на вероятности осцилляций, основы квантовополевого описания вакуумных нейтринных осцилляций;
- ▣ вершины взаимодействия нейтрино с лептонами и кварками;
- ▣ основы партонной модели, понятие о партонных функциях распределения;
- ▣ особенности описания процессов взаимодействий нейтрино за счет слабых заряженных и нейтральных токов (форм-факторы нуклона, структурные функции), общую структуру адронных токов;

- ☐ основные ядерные реакции горения водорода в звездах (pp-цепочка, CNO-би-цикл), процессы образования нейтрино в Солнце, основные экспериментальные методы регистрации солнечных нейтрино (радиохимические, черенковские), результаты важнейших экспериментов по регистрации СН (Cl-Ar детектор в Хоумстэйке, Ga-Ge детекторы SAGE, GALLEX, GNO, водно-черенковские детекторы Super-Kamiokande и SNO);
 - ☐ основные реакции генерации мюонов и (анти)нейтрино при взаимодействии космических лучей с атмосферой Земли, особенности развития ШАЛ (геомагнитные и метеорологические эффекты, влияние солнечной активности), методы регистрации атмосферных и астрофизических нейтрино (черенковские, акустические, радио), основные параметры современных глубоководных и подледных нейтринных телескопов (БНТ, AMAND, IceCube, NEMO, NESTOR. ANTARES, KM3NET);
 - ☐ основные процессы образования антинейтрино в ядерных реакторах и методы регистрации реакторных и геофизических антинейтрино, результаты экспериментов KamLAND, Daya Bay, Reno и др.);
 - ☐ основы физики коллапса и энерговыделения на конечной стадии эволюции массивных звезд, основные процессы образования (анти)нейтрино при взрывах сверхновых, pp- р ν -механизмы генерации нейтрино в астрофизических источниках (активные галактические ядра, релятивистские струи), механизм образования космогенных (ГЗК) нейтрино;
 - ☐ космологические ограничения на массы нейтрино.
- Уметь:
- ☐ эффективно применять вышеуказанные знания на практике для решения фундаментальных и прикладных научных задач в области современной теоретической физики элементарных частиц.
- Владеть:
- ☐ техникой расчета ширин слабых распадов элементарных частиц и сечений взаимодействия нейтрино с лептонами и нуклонами;
 - ☐ методами диагонализации массовой матрицы в лагранжиане CM;
 - ☐ методами решения уравнения Вольфенштейна для описания нейтринных осцилляций в веществе;
 - ☐ методом учета неупругих взаимодействий нейтрино в анализе нейтринных осцилляций в поглощающих астрофизических средах;
 - ☐ качественными методами оценки потоков (анти)нейтрино от астрофизических источников и космических лучей.

К содержанию дисциплины относятся основные разделы курса:

- Введение.
- Астрофизические и космогенные нейтрино.
- Атмосферные мюоны нейтрино.
- Квантовомеханическая теория нейтринных осцилляций в вакууме.
- Квантовомеханическая теория нейтринных осцилляций в веществе.
- Квантовополевая теория нейтринных осцилляций в вакууме.
- Обзорная часть: геонейтрино, атмосферные и астрофизические нейтрино, нейтрино и космология.
- Обзорная часть: реликтовые, солнечные нейтрино.
- Основные процессы взаимодействия нейтрино с веществом.
- Солнечные нейтрино.
- Стандартная Модель и проблема массы нейтрино.
- Эксперименты по регистрации солнечных нейтрино, геонейтрино и антинейтрино от ядерных реакторов.

Основная литература:

1. Zhi-Zhong Xing and Shun Zhou, Neutrinos in Particle Physics, Astronomy and Cosmology. Advanced Topics in Science and Technology in China (Zhejiang University Press, Hangzhou and Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2011).
2. Samoil~M.~Bilenky, Introduction to the Physics of Massive and Mixed Neutrinos, Lect.Not. Phys 817 (2010).
3. Mats Lindroos and Mauro Mezzetto, Beta Beams. Neutrino Beams (Imperial College Press, London, 2010).
4. Donald H. Perkins, Particle Astrophysics. Second Edition. Oxford Master Series in Particle Physics, Astrophysics, and Cosmology (Oxford University Press, 2009).
5. Carlo Giunti and Chung W. Kim, Fundamentals of Neutrino Physics and Astrophysics (Oxford University Press Inc., New York, 2007).