

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ливанов Дмитрий Викторович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 11.06.2024 12:31:56  
Уникальный программный ключ:  
c6d909c49c1d2034e75e0156c4aa51e7372e3a1c

## Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии

### Аналитическая геометрия

#### 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 аналитической геометрии;
- формирование общематематической культуры: умение логически мыслить, проводить доказательства основных утверждений, устанавливать логические связи между понятиями;
- формирование умений и навыков применять полученные знания для решения геометрических задач, самостоятельного анализа полученных результатов.

#### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### знать:

- основы теории графов, теоремы о вложимости, формулу Эйлера, теорему о раскрасках;
- топологические свойства двумерных поверхностей, теоремы классификации компактных двумерных поверхностей;
- теорию кривых на плоскости и в пространстве, формулы Френе;
- определение кривизны и кручения, теорему о восстановлении кривой по кривизне и кручению; основы теории поверхностей, определение и свойства первой и второй квадратичных форм поверхности, теорему Менье, определение главных кривизн и главных направлений, формулу Эйлера;
- определение ковариантных производных, правила вычисления символов Кристоффеля, уравнения параллельного переноса и геодезических на поверхностях;
- основы сферической геометрии и геометрии Лобачевского, теоремы синусов, косинусов, формулы для суммы углов треугольника на сфере и плоскости Лобачевского.

**уметь:**

- вычислять инварианты графов, определять топологический тип двумерной поверхности, находить кривизны и кручения кривых, главные кривизны и главные направления поверхностей;
- вычислять ковариантные производные векторных полей на поверхностях, решать задачу параллельного перенесения;
- находить и исследовать геодезические, решать геометрические задачи на сфере и плоскости Лобачевского.

**владеть:**

- аппаратом теории кривых и поверхностей и его приложениями к механике;
- техникой ковариантных производных и ее приложениями;
- аппаратом теории графов.

**Темы и разделы курса:**

1. Геометрия кривых и поверхностей в евклидовом пространстве.

Плоские кривые. Касательная и нормаль. Длина кривой. Натуральный параметр.

Соприкасающаяся окружность. Кривизна плоской кривой. Плоские формулы Френе.

Восстановление плоской кривой по функции кривизны.

Эволюта и волновой фронт плоской кривой.

Кривые в пространстве. Соприкасающаяся окружность. Репер Френе, формулы Френе, кривизна и кручение.

Восстановление пространственной кривой по кривизне и кручению.

Поверхности. Первая квадратичная форма. Длины и углы.

Ковариантные производные векторных полей и их свойства.

Символы Кристоффеля и их вычисление.

Параллельный перенос и геодезические на поверхностях.

Изометрии поверхностей.

Вторая квадратичная форма поверхности. Теорема Менье.

Главные кривизны и главные направления. Формула Эйлера. Гауссова и средняя кривизны.

Отклонение точки поверхности от касательной плоскости. Эллиптические, гиперболические и параболические точки двумерной поверхности.

## 2. Простейшие неевклидовы геометрии.

Геометрия на сфере. Геодезические, изометрии, расстояние, окружности.

Сферические треугольники. Теоремы косинусов и синусов. Двойственная теорема косинусов. Теорема о сумме углов сферического треугольника.

Пространство Минковского. Подпространства и ортогональные дополнения. Преобразования Лоренца. Неравенства Коши-Буняковского и треугольника для времениподобных векторов.

Мировые линии инерциальных наблюдателей. Относительность одновременности, замедление времени, сокращение длин. Парадокс близнецов.

Векторная модель геометрии Лобачевского. Геодезические, изометрии, окружности, треугольники.

Модель Пуанкаре геометрии Лобачевского.

## 3. Топология графов и двумерных поверхностей.

Графы. Теорема о числе маршрутов. Уникурсальные графы.

Число Бетти и эйлерова характеристика графа. Максимальное дерево. Теорема о системе токов.

Планарные графы. Непланарность полного графа с пятью вершинами и графа «три домика, три колодца».

Раскраски карт и графов. Теорема о пяти красках.

Триангулируемые двумерные поверхности. Примеры. Ориентируемые и неориентируемые поверхности.

Склейки из квадрата. Операции вырезания дырки и приклейки ручки.

Теорема классификации компактных двумерных ориентируемых поверхностей без края.

Теоремы о классификации неориентируемых поверхностей и поверхностей с краем.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Аналитическая механика**

#### **Цель дисциплины:**

- освоение студентами основ аналитической механики.

#### **Задачи дисциплины:**

- формирование базовых знаний в области аналитической механики как дисциплины, интегрирующей общеприродную и математическую подготовку студентов;
- овладение основными методами, позволяющими решать уравнения аналитической механики; решение задач, охватывающих основные приложения аналитической механики.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- основы лагранжевой механики;
- теоретические основы динамики консервативных и диссипативных систем вблизи равновесия;
- теоретические основы динамики твердого тела;
- принцип наименьшего действия и основы гамильтоновой механики;
- метод канонических преобразований и аппарат скобок Пуассона;
- метод Гамильтона-Якоби и технику разделения переменных;
- метод переменных действие-угол.

##### **уметь:**

- формулировать уравнения Лагранжа в обобщенных координатах, находить интегралы движения и с их помощью решать уравнения движения;
- вычислять период финитного движения;
- вычислять сечение рассеяния в данном центральном поле;

- находить собственные частоты и нормальные колебания систем со многими степенями свободы;
- вычислять моменты инерции твердого тела;
- переходить от лагранжиана к гамильтониану и наоборот с помощью преобразования Лежандра;
- осуществлять канонические преобразования с помощью данной производящей функции;
- вычислять скобки Пуассона;
- разделять переменные в уравнении Гамильтона-Якоби и решать с помощью метода Гамильтона-Якоби канонические уравнения движения;
- переходить к переменным действие-угол;
- вычислять адиабатические инварианты.

**владеть:**

- основными методами аналитической механики – методами Лагранжа I и II рода;
- методами интегрирования уравнений движения, принципом наименьшего действия;
- методом канонических уравнений Гамильтона, аппаратом скобок Пуассона, методом Гамильтона-Якоби решения канонических уравнений.

**Темы и разделы курса:**

1. Канонические преобразования

Определение канонического отображения. Канонические преобразования. Производящие функции канонического преобразования. Бесконечно малые канонические преобразования.

Критерии каноничности преобразования. Скобки Лагранжа. Скобки Пуассона. Свойства скобок Пуассона. Теорема Пуассона.

Уравнение Гамильтона-Якоби. Метод Гамильтона-Якоби решения канонических уравнений. Укороченное действие.

Разделение переменных в методе Гамильтона-Якоби. Разделение переменных в сферических, параболических и эллиптических координатах. Движение частицы в поле двух притягивающих центров.

Понижение порядка системы канонических уравнений с помощью интеграла энергии. Принцип Мопертюи-Лагранжа. Оптико-механическая аналогия.

Переменные действие-угол в одномерном случае. Адиабатический инвариант.

2. Основы гамильтоновой механики

Принцип наименьшего действия Гамильтона. Уравнения Лагранжа II рода как следствия вариационного принципа. Преобразования Лежандра.

Функция Гамильтона. Канонические уравнения Гамильтона. Циклические переменные. Функции Лагранжа и Гамильтона частицы в магнитном поле.

Действие как функция координат и времени. Фазовое пространство, фазовая скорость, фазовый поток. Теорема Лиувилля. Расширенное фазовое пространство. Лемма Стокса. Интегральные кривые уравнений Гамильтона как линии ротора формы  $pdq - Hdt$ . Интегральные инварианты Пуанкаре и Пуанкаре-Картана.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **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 отношения, работа и бизнес, собственное развитие. Влияние семьи и социума на формирование жизненных ценностей. Индивидуализация ценностей в жизни и самооценочность. 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.

## 15. Тема 5. 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.

## 16. Тема 6. Интеллект

Стадии когнитивного развития. Типы интеллектов. Теория множественного интеллекта Говарда Гарднера. Влияние типа интеллекта на успешность и самореализацию. Теория когнитивной нагрузки. Память и воспоминания. Влияние цифровых технологий на память, Обучение во сне. Тренировка мозга и мнемотехники, сохранение молодости мозга. Эмоциональный интеллект.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: дискутировать о существующих стадиях когнитивного развития, типах интеллекта; обосновывать выбор «своего» типа интеллекта по Г. Гарднеру; анализировать различные способы принятия решений и их последствия; обсуждать реальные ситуации, которые влияют на выбор способа принятия решений; уметь объяснить как воспоминания хранятся, обрабатываются, удерживаются в памяти; излагать влияние компьютерных технологий на память и делать предположение о том, как будет меняться способность человека запоминать информацию в будущем; осуществлять поиск и обмен информацией о эволюции теории обучения во сне; излагать ценность этой теории для применения в обычной жизни; обсуждать методики тренировки мозга и мнемотехники, используемые в обучении; констатировать научные факты о факторах, помогающих продлить молодость мозга; обмен мнениями, формулирование предложений как оптимизировать работу мозга во время экзаменов. Роль эмоционального интеллекта в общении.

## 17. Модуль 3. Английский язык для специальных целей (English for Specific Purposes) (выбор направления 3.1. или 3.2. или 3.3)

### 18. 3.1. Английский для исследовательских целей (English for Research Purposes)

## 19. Тема 1. Наука: вчера, сегодня, завтра

История развития естественных наук и научные открытия. Природа науки и критерии научности. Образ современного ученого. Новые направления в науке. Жизнь в поиске. Наука университета. Взаимосвязь естественных и гуманитарных наук в современном ВУЗе. Целесообразность и ценность фундаментальных исследований. Исследовательская команда. Наши современники, лауреаты нобелевской премии и их открытия. Путь от бакалавра до нобелевского лауреата. Научные исследования как вклад в будущее

цивилизации. Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: делать сообщения о научных открытиях, новых направлениях в науке; выразить аргументированное мнение о роли науки в жизни общества, целесообразности финансирования науки; рассказывать о новых направлениях в научных знаниях; обсуждать о влиянии научных открытий на мировоззрение человека; обосновывать свой выбор научного исследования; участвовать в обсуждении о вкладе научных исследований в формирование будущего; рассказывать о нобелевских лауреатах в своей научной области.

## 20. Тема 2. Популяризация науки

Средства популяризации науки. Научная коммуникация. Авторское право и интеллектуальная собственность. СМИ, научная журналистика. Популяризация науки в Интернете. Социальное значение науки. Популяризация науки и научное мышление. Современные тренды научпопа. Какое место в жизни ученого должна занимать популяризация, и о популяризаторах, не являющихся учеными. «Популяризация науки - мостик от «академизма» к каждому человеку». Научно-популярный стиль.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах:

делать сообщения о средствах популяризации науки; выражать аргументированное мнение об авторском праве научных исследований и исключительном праве на научное произведение; дискутировать о социальном значении популяризации научных исследований; участвовать в обсуждении о том, какое место в жизни ученого должна занимать популяризация своих исследований; рассуждать о научной журналистике и ее роли в популяризации науки; обмен мнениями и формулирование отношения к популяризации науки в Интернете, СМИ; объяснить современные тренды научпопа; составлять описательные эссе, эссе-рассуждение по теме «Популяризация науки - мостик от «академизма» к каждому человеку».

## 21. Тема 3. Основные жанры научного стиля

Научное письмо: эволюция и развитие. Жанр журнальной публикации: первичные тексты. Вторичные исследовательские тексты: обзоры научной литературы. Жанр пресс-релиза и научно-новостного отчета. Жанр тезисов на конференцию и докладов в сборники.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах:

делать сообщения в жанре пресс-релиза и научно-новостного отчета; рассуждать о гибридной природе пресс-релизов и научно-новостных отчетов; обрабатывать и представлять данные в различных форматах с учетом адресата; рассказывать о процессе научного поиска, о великих гипотезах прошлого и великих экспериментах прошлого и настоящего; участвовать в диалоге и обсуждении о социоисторическом контексте развития науки и журнальной статьи; выявлять различия логики аргументации в английском и русском языке; составлять критический обзор научных статей их англоязычных журналов.

## 22. Тема 4. Наука. Простое о сложном

Сложные научные явления простым языком. Рассказы, интервью, выступления ученых о явлениях природы и научных открытиях (Стивен Хокинг, Ричард Фейнман и т.д.)

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах:

объяснить сложное научное явление простым языком для любой категории слушателя; устанавливать коммуникативную связь с аудиторией используя специальные риторические приемы и изобразительные средства речи направленные на улучшение восприятия информации слушателей

### 23. Тема 5. Взаимосвязь науки и техники

Наука и техника и их взаимосвязь. Техника как прикладная наука. Новости науки и техники. Научные загадки, на которые пока нет ответа. Наука и техника, открытия и изобретения конца нового времени. Научные сенсации и технический прогресс. Процесс технологизации науки.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах: делать сообщения о взаимосвязи науки и техники; выразить аргументированное мнение о технике как прикладной науке; обмениваться мнениями о новостях науки и технике; рассказывать о нераскрытых научных открытиях; составлять описательные эссе, эссе-рассуждения о научных сенсациях.

### 24. Тема 6. Научная этика

Важность научной этики в исследовательской и публикационной деятельности. Последствия фальсификаций научных результатов. Основные типы нарушений в сфере этики научных публикаций: конфликт интересов, фабрикация результатов, плагиат, самоплагиат, «нарезка салями», проблемы авторства, соавторства, почетного авторства.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах:

рассуждать о последствиях фабрикаций, манипулирования или искажения научных данных; объяснить типы нарушений в сфере этики научных публикаций.

### 25. Тема 7. Наука на благо общества

Согласованность науки с ценностями гуманизма и гуманистический вклад науки в общественное развитие. Миссия ученого в современном мире. Ответственное использование науки на благо общества.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах:

рассуждать и обмениваться мнениями о ценностях гуманизма и гуманистический вклад науки в общественное развитие; дискутировать о миссии ученого в современном мире; опровергать или подтверждать факты использования науки для порабощения и уничтожения людей и природы; эссе-рассуждение по теме «Нужна ли современному обществу наука?».

### 26. Тема 8. Исследование: цель, проблема, объект и предмет

Виды исследований: фундаментальное исследование, прикладное исследование, междисциплинарное исследование, монодисциплинарное 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.

Коммуникативные задачи: осуществлять коммуникацию в устной и письменной формах:

объяснить разницу между видами исследований; описывать этапы научного исследования и кратко излагать их содержание; аргументированно обосновывать выбор темы исследования, его объекта и предмета, цели и задач; выдвигать гипотезу исследования; составлять план исследования, формировать библиографический список по исследуемой проблеме в соответствии с требованиями выбранного научного журнала.

27. Модуль 4. Английский язык для специальных целей (English for professional purposes)

28. Тема 1. Исследование космоса

Чтение, перевод и обсуждение статей о строении вселенной и приборах исследования; грамматика функции инфинитива, суффиксы –able, -ible в образовании прилагательных; лексика связана с объектами космоса и названия приборов; беседы по материалам о космосе, доклады.

29. Тема 2. Происхождение вселенной

Чтение и обсуждение статей о вселенной; грамматика причастие группы Perfect; лексика связана с теориями происхождения вселенной; беседы по видеоматериалам о вселенной.

30. Тема 3. Загадки вселенной

Круглый стол по вопросам о вселенной по статьям из научно-популярных журналов; грамматика сослагательное наклонение для выражения нереальных событий настоящего и будущего.

31. Тема 4. Расширение вселенной и процессы во вселенной

Чтение и обсуждение статей о расширении вселенной; грамматика независимый причастный оборот; лексика связана с исследованиями во вселенной; дискуссия по теориям происхождения и расширения вселенной.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **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, вырабатывать 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 обработке. 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: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Биологические макромолекулы и их функции**

#### **Цель дисциплины:**

- сформировать общие представления о человеке как о части природы, о единстве и самоценности всего живого и невозможности выживания человечества без сохранения биосферы, а также обучить грамотному восприятию практических проблем, связанных с биологией, в том числе – здоровья человека, охраны природы, преодоления экологического кризиса, привить навыки экологической культуры.

#### **Задачи дисциплины:**

- изучить фундаментальные свойства живых систем (самообновление, саморегуляция, самовоспроизводство) и атрибуты жизни: обмен веществ и энергии, раздражимость, гомеостаз, размножение, наследственность и изменчивость;

- ознакомиться с уровнями организации живого и проявлением фундаментальных свойств живого на основных эволюционно-обусловленных уровнях организации: молекулярно-генетическом, клеточном, онтогенетическом, популяционно-видовом, биогеоэкологическом, биосферном. Изучить строение и принципы функционирования структурных компонентов элементарной единицы живого – клетки. Ознакомиться с основными метаболическими процессами, протекающими в клетке;

- ознакомиться с видами размножения в живых системах. Изучить особенности полового размножения, формирование половых клеток, оплодотворение, видов и особенностей индивидуального развития;

- изучить молекулярный уровень организации живого: структуру и функции главных биополимеров (белки, жиры, углеводы, нуклеотиды). Ознакомиться с молекулярным механизмом наследственности и изменчивости живых организмов. Изучить основы пластического и энергетического обмена. Изучить основные генетические законы: законы Менделя, неменделевское расщепление, генетика пола. Уметь связать законы генетики с хромосомной теорией и с молекулярными основами наследственности;

- ознакомиться с закономерностями и механизмами жизнедеятельности человека на эволюционно обусловленных уровнях его организации. Изучить принципы функционирования различных систем организма человека: опорно-двигательной, кровеносной, дыхательной, пищеварительной, эндокринной, нервной. Изучить принципы регуляции функций организма.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

**знать:**

- основные законы биологии и общей экологии;
- сущность жизни, уровни и принципы биологической организации;
- главные понятия, закономерности и законы, касающиеся строения, жизни и развития растительного, животного и человеческого организмов, развития живой природы;
- особенности человека, как биологического вида, особенности физиологии, соматическое, психическое и социальное начала в природе человека, факторы здоровья и экологического риска, место человека в эволюции Земли;
- основы экологии (экология особей, популяций, сообществ, учение о биосфере, взаимодействие природы и общества, экологические проблемы современности);
- основные биологические понятия и термины;
- основы строения и жизнедеятельности человека;
- основы общей и органической химии;
- предмет, цель, задачи дисциплины и ее значение для будущей профессиональной деятельности;
- структуру и функции белков, углеводов, жиров и нуклеиновых кислот;
- основные этапы энергетики клетки;
- строение биологических мембран; механизмы транспорта веществ через мембраны;
- строение и функции органелл клетки;
- классификацию клеток в зависимости от их специализации;
- закономерности структурно-функциональных взаимосвязей в клетках;
- виды межклеточных контактов, структуру и функции синапса;
- принцип и этапы передачи наследственной информации в поколениях организмов;
- этапы биосинтеза белка на рибосомах, регуляция этих этапов;
- понятие о гомеостазе;
- основные принципиальные подходы к регуляции деятельности клетки;
- механизм бесполого размножения; сущность митоза;
- сущность полового размножения, гаметогенеза, мейоза;
- этапы индивидуального развития организма;
- происхождение специализированных частей тела из зародышевых листков;
- закономерности регенерации;
- отличительные особенности тканей животного организма;

- закономерности взаимосвязи организма и среды с позиции адекватной и неадекватной реакции организма, адекватных и неадекватных условий среды;
- основные понятия генетики и селекции: доминантность и рецессивность; хромосомные основы расщепления и независимого перераспределения генов; молекулярные механизмы и генетический контроль рекомбинации; взаимодействие генов;
- основы генетики пола; наследственность, сцепленная с полом;
- биологические основы наследственных болезней человека;
- социальные аспекты биологии человека;
- основные положения экологии человека.

**уметь:**

- грамотно воспринимать теоретические и практические проблемы, связанные с биологией и экологией, в том числе — здоровья человека, охраны природы, преодоления экологического кризиса;
- использовать полученные знания на практике;
- отстаивать свою точку зрения;
- оценивать последствия своей деятельности по отношению к окружающей среде и собственному здоровью;
- использовать знания строения и функций биомолекул клетки для понимания физиологических и патологических процессов, протекающих в клетке;
- охарактеризовать органоиды клетки и их роль в осуществлении жизнедеятельности клетки для поддержания оптимальной регуляции функций клетки;
- на основе знания этапов синтеза белка и факторов, обуславливающих его, уметь регулировать механизмы долгосрочной адаптации клетки; решать задачи по молекулярной биологии;
- объяснить закономерности структурно-функциональных взаимосвязей в клетках и уметь пользоваться этими знаниями для вмешательства в процесс повреждения клетки;
- пользоваться понятиями гомеостаза, адаптации в применении к конкретным жизненным ситуациям;
- определять пути регуляции деятельности клетки и управлять этой деятельностью;
- установить принципиальные различия между митозом и мейозом для понимания роли этих процессов в эволюции;
- использовать знания закономерностей наследования, установленные Г.Менделем, для решения генетических задач;
- самостоятельно работать с литературой по биологии, а также с учебной, учебно-методической и справочной литературой по медико-биологическим предметам;

- решать ситуационные задачи и тестовые задания для формирования эвристического мышления;
- оценивать общебиологические закономерности жизнедеятельности организма человека;
- обобщать и осмысливать данные различных медицинских, фармацевтических наук и общебиологических позиций для того, чтобы в дальнейшем решать биологические проблемы методами анализа.

#### **владеть:**

- методами решения экологических проблем;
- навыками работы с литературными источниками;
- представлять результаты собственной деятельности с использованием современных средств, ориентируясь на потребности аудитории, в том числе в форме отчетов, презентаций, докладов;
- способностью проведения экспериментальных исследований, выполнения проектов и заданий по тематике разрабатываемой научной проблемы;
- биологической терминологией;
- пониманием закономерностей жизнедеятельности организма человека, связывать функции органов и систем органов организма с физиологическими процессами, протекающими в них.

#### **Темы и разделы курса:**

##### 1. Биологические макромолекулы и их характеристика.

Биологические макромолекулы и их характеристика. Белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, их роль в функционировании живых организмов. Аминокислоты как мономеры белков и пептидов, их структура и характеристика, разделение на группы. Стереохимия аминокислот.

##### 2. Аминокислоты, расположенные внутри белка и на его поверхности.

Аминокислоты, расположенные внутри белка и на его поверхности. Ароматические аминокислоты и их спектральные свойства. Водородные связи между отдельными аминокислотами. Аминокислоты как цвиттерионы, понятие  $pK$  для карбоксильных, амидных групп аминокислот и их радикалов. Влияние микроокружения на значение  $pK$  диссоциирующих групп аминокислот. Определение изоэлектрической точки различных аминокислот. Буферные растворы их свойства и использование при исследовании биологических макромолекул.

##### 3. Строение белков и пептидов. Структура и свойства пептидной связи.

Строение белков и пептидов. Структура и свойства пептидной связи. Первичная и вторичная структура белков и пептидов (альфа-спирали и бета-складки). Карты Рамачандрана и их связь с конформационными параметрами полипептидной цепи. Методы, используемые для определения первичной структуры пептидов и белков, фрагментация

полипептидной цепи. Определение N-концевых аминокислотных остатков (методы Сэнгера и Эдмана). Масс-спектрометрия белков.

4. Третичная и четвертичная структура белков. Понятие домен и субъединица. Методы, используемые для установления третичной структуры белков (рентгеноструктурный анализ).

Третичная и четвертичная структура белков. Понятие домен и субъединица. Методы, используемые для установления третичной структуры белков (рентгеноструктурный анализ). Сравнение третичной структуры различных белков. Денатурация и ренатурация белков. Методы исследования четвертичной структуры белков. Изменение связывающих свойств белков при изменении их структуры (сравнение свойств и структуры миоглобина и гемоглобина).

5. Различия в пространственной структуре пептидов и белков.

Третичная и четвертичная структура белков. Понятие домен и субъединица. Методы, используемые для установления третичной структуры белков (рентгеноструктурный анализ). Сравнение третичной структуры различных белков. Денатурация и ренатурация белков. Методы исследования четвертичной структуры белков. Изменение связывающих свойств белков при изменении их структуры (сравнение свойств и структуры миоглобина и гемоглобина).

6. Ферменты как катализаторы, их особенности по сравнению с химическими катализаторами.

Ферменты как катализаторы, их особенности по сравнению с химическими катализаторами. Конформационная мобильность белков и катализ. Активный центр фермента. Энергия активации химической реакции и влияние катализатора на этот параметр. Кинетика Михаэлиса-Ментен, уравнение Михаэлиса, определение  $K_m$  и числа оборотов.

7. Классификация ферментов.

Типы ферментативного катализа (кислотно-основной, ковалентный, катализ с использованием ионов металлов). Классификация ферментов. Гидролиз пептидной связи на примере сериновой протеазы химотрипсина. Ингибиторы и активаторы ферментативных реакций, конкурентное неконкурентное и бесконкурентное ингибирование. Ингибиторы-самоубийцы.

8. Функции белков и пептидов.

Функции белков и пептидов. Регуляторные пептиды на примере вазопрессина и окситоцина. Нейропептиды. Калликреин и брадикинин. Глутатион и его роль в регуляции окислительно-восстановительного баланса клетки. Белковые рецепторы пептидов, их структура. Пептидные токсины, белки в составе ядов, их использовании в биохимических и физиологических исследованиях.

9. Липиды, определение, структура, функции.

Липиды, определение, структура, функции. Строение биологических мембран. Липидные монослои, мембранные бислои, мицеллы и липосомы. Способы получения липосом различных размеров как наночастиц, их модификация для предотвращения метаболизации. Вращательная, латеральная диффузия мембранных липидов. Флип-флоп переходы, их

функциональная роль в создании различных по составу монослоев. Флиппазы как ферменты, обеспечивающие различную структуру монослоев мембраны.

#### 10. Особенности строения мембранных белков.

Особенности строения мембранных белков. Транспортные белки, мембранные транспортеры на примере ионных каналов и АТФаз. Симпортеры и антипортеры. Структурные белки, двигательные белки, запасные белки. Белки иммунной системы, структура антител, моноклональные антитела. Использование антител в направленной терапии различных заболеваний. Взаимосвязь между структурой белков и пептидов и их функцией.

#### 11. Методы, используемые для выделения белков и пептидов в очищенном виде.

Методы, используемые для выделения белков и пептидов в очищенном виде. Хроматография на бумаге, хроматография в тонком слое, ионообменная хроматография, аффинная хроматография. Аналитические методы, используемые для изучения белков: изоэлектрофокусирование, электрофорез в полиакриламидном геле в присутствии додецилсульфата натрия, нативный электрофорез. Двумерный электрофорез и его использование в протеомике.

#### 12. Разделение белковых фракций методом центрифугирования, характеристика мембранных фракций методами микроскопии, путем определения мембранных маркеров.

Разделение белковых фракций методом центрифугирования, характеристика мембранных фракций методами микроскопии, путем определения мембранных маркеров. Холестерин как маркер плазматической мембраны клеток животных, мембранные рафты их структура и функции. Седиментация как метод изучения макромолекул. Методы седиментационного анализа белков и белковых частиц и комплексов белков с углеводами и нуклеиновыми кислотами.

#### 13. Углеводы, их определение, структура мономерных сахаров, стереоизомерия.

Углеводы, их определение, структура мономерных сахаров, стереоизомерия. Кетозы и альдозы, простые углеводы, содержащие 3-7 атомов углерода, их функции. Циклические формы сахаров, их изомеры. Производные моносахаров. Полимерные углеводы. Структура крахмала, гликогена, целлюлозы, хитина. Гликопротеины и протеогликаны.

#### 14. Основные различия в структуре мономеров ДНК и РНК, различия в структуре этих молекул как полимеров.

Нуклеиновые кислоты как биополимерные молекулы. Основные различия в структуре мономеров ДНК и РНК, различия в структуре этих молекул как полимеров. Азотистые основания в структуре РНК и ДНК. Связи между мононуклеотидами, обеспечивающие создание полимерной молекулы. Векторность цепей ДНК. Минорные азотистые основания. Структура РНК.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Биология**

#### **Цель дисциплины:**

- сформировать общие представления о человеке как о части природы, о единстве и самоценности всего живого и невозможности выживания человечества без сохранения биосферы, а также обучить грамотному восприятию практических проблем, связанных с биологией, в том числе – здоровья человека, охраны природы, преодоления экологического кризиса, привить навыки экологической культуры.

#### **Задачи дисциплины:**

- изучить фундаментальные свойства живых систем (самообновление, саморегуляция, самовоспроизводство) и атрибуты жизни: обмен веществ и энергии, раздражимость, гомеостаз, размножение, наследственность и изменчивость;

- ознакомиться с уровнями организации живого и проявлением фундаментальных свойств живого на основных эволюционно-обусловленных уровнях организации: молекулярно-генетическом, клеточном, онтогенетическом, популяционно-видовом, биогеоэкологическом, биосферном. Изучить строение и принципы функционирования структурных компонентов элементарной единицы живого – клетки. Ознакомиться с основными метаболическими процессами, протекающими в клетке;

- ознакомиться с видами размножения в живых системах. Изучить особенности полового размножения, формирование половых клеток, оплодотворение, видов и особенностей индивидуального развития;

- изучить молекулярный уровень организации живого: структуру и функции главных биополимеров (белки, жиры, углеводы, нуклеотиды). Ознакомиться с молекулярным механизмом наследственности и изменчивости живых организмов. Изучить основы пластического и энергетического обмена. Изучить основные генетические законы: законы Менделя, неменделевское расщепление, генетика пола. Уметь связать законы генетики с хромосомной теорией и с молекулярными основами наследственности;

- ознакомиться с закономерностями и механизмами жизнедеятельности человека на эволюционно обусловленных уровнях его организации. Изучить принципы функционирования различных систем организма человека: опорно-двигательной, кровеносной, дыхательной, пищеварительной, эндокринной, нервной. Изучить принципы регуляции функций организма.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

**знать:**

- основные законы биологии и общей экологии;
- сущность жизни, уровни и принципы биологической организации;
- главнейшие понятия, закономерности и законы, касающиеся строения, жизни и развития растительного, животного и человеческого организмов, развития живой природы;
- особенности человека, как биологического вида, особенности физиологии, соматическое, психическое и социальное начала в природе человека, факторы здоровья и экологического риска, место человека в эволюции Земли;
- основы экологии (экология особей, популяций, сообществ, учение о биосфере, взаимодействие природы и общества, экологические проблемы современности);
- основные биологические понятия и термины;
- основы строения и жизнедеятельности человека;
- основы общей и органической химии;
- предмет, цель, задачи дисциплины и ее значение для будущей профессиональной деятельности;
- структуру и функции белков, углеводов, жиров и нуклеиновых кислот;
- основные этапы энергетики клетки;
- строение биологических мембран; механизмы транспорта веществ через мембраны;
- строение и функции органелл клетки;
- классификацию клеток в зависимости от их специализации;
- закономерности структурно-функциональных взаимосвязей в клетках;
- виды межклеточных контактов, структуру и функции синапса;
- принцип и этапы передачи наследственной информации в поколениях организмов;
- этапы биосинтеза белка на рибосомах, регуляция этих этапов;
- понятие о гомеостазе;
- основные принципиальные подходы к регуляции деятельности клетки;
- механизм бесполого размножения; сущность митоза;
- сущность полового размножения, гаметогенеза, мейоза;
- этапы индивидуального развития организма;
- происхождение специализированных частей тела из зародышевых листков;
- закономерности регенерации;
- отличительные особенности тканей животного организма;

- закономерности взаимосвязи организма и среды с позиции адекватной и неадекватной реакции организма, адекватных и неадекватных условий среды;
- основные понятия генетики и селекции: доминантность и рецессивность; хромосомные основы расщепления и независимого перераспределения генов; молекулярные механизмы и генетический контроль рекомбинации; взаимодействие генов;
- основы генетики пола; наследственность, сцепленная с полом;
- биологические основы наследственных болезней человека;
- социальные аспекты биологии человека;
- основные положения экологии человека.

**уметь:**

- грамотно воспринимать теоретические и практические проблемы, связанные с биологией и экологией, в том числе — здоровья человека, охраны природы, преодоления экологического кризиса;
- использовать полученные знания на практике;
- отстаивать свою точку зрения;
- оценивать последствия своей деятельности по отношению к окружающей среде и собственному здоровью;
- использовать знания строения и функций биомолекул клетки для понимания физиологических и патологических процессов, протекающих в клетке;
- охарактеризовать органоиды клетки и их роль в осуществлении жизнедеятельности клетки для поддержания оптимальной регуляции функций клетки;
- на основе знания этапов синтеза белка и факторов, обуславливающих его, уметь регулировать механизмы долгосрочной адаптации клетки; решать задачи по молекулярной биологии;
- объяснить закономерности структурно-функциональных взаимосвязей в клетках и уметь пользоваться этими знаниями для вмешательства в процесс повреждения клетки;
- пользоваться понятиями гомеостаза, адаптации в применении к конкретным жизненным ситуациям;
- определять пути регуляции деятельности клетки и управлять этой деятельностью;
- установить принципиальные различия между митозом и мейозом для понимания роли этих процессов в эволюции;
- использовать знания закономерностей наследования, установленные Г.Менделем, для решения генетических задач;
- самостоятельно работать с литературой по биологии, а также с учебной, учебно-методической и справочной литературой по медико-биологическим предметам;

- решать ситуационные задачи и тестовые задания для формирования эвристического мышления;
- оценивать общебиологические закономерности жизнедеятельности организма человека;
- обобщать и осмысливать данные различных медицинских, фармацевтических наук и общебиологических позиций для того, чтобы в дальнейшем решать биологические проблемы методами анализа.

**владеть:**

- методами решения экологических проблем;
- навыками работы с литературными источниками;
- представлять результаты собственной деятельности с использованием современных средств, ориентируясь на потребности аудитории, в том числе в форме отчетов, презентаций, докладов;
- способностью проведения экспериментальных исследований, выполнения проектов и заданий по тематике разрабатываемой научной проблемы;
- биологической терминологией;
- пониманием закономерностей жизнедеятельности организма человека, связывать функции органов и систем органов организма с физиологическими процессами, протекающими в них.

**Темы и разделы курса:**

1. Введение в общую экологию.

Экология как научно-практическое направление: определение, разделы, основные понятия.

Биогеоценоз (экосистема) как экологическая ячейка: определение, общая характеристика и динамика (эволюция). Введение в экологию человека.

2. Обмен веществ и энергии в клетке. Основы энергетического обмена.

Общая характеристика обмена веществ. Ассимиляция, диссимиляция. Фото- и хемосинтез. Особенности метаболизма аэробов и анаэробов. Стадии энергетического обмена в клетке. Виды брожения. Гликолиз. Энергетическая эффективность процессов брожения. Митохондрии. Связь структуры и функции. Клеточное дыхание.

3. Паразитические животные – возбудители болезней человека.

Основы паразитологии. Живой организм как среда обитания паразитов. Особенности биологии разных групп паразитов. Паразитизм как форма биотических связей.

4. Введение в курс биологии.

Введение. Предмет и задачи общей биологии. Сущность жизни. Свойства живых систем. Уровни организации жизни. Особенности строения про- и эукариотических клеток. Особенности строения вирусов. Классификация клеток в зависимости от их специализации.

#### 5. Внутренняя среда. Основы иммунитета.

Внутренняя среда человека: понятие, компоненты, свойства. Принципы поддержания постоянства внутренней среды. Кровь, лимфа и межклеточная жидкость – компоненты внутренней среды организма человека. Взаимосвязь циркулирующих жидкостей внутренней среды. Гомеостаз и гомеокинез. Барьерные функции организма. Гистогематические барьеры; их строение и функции. Иммунитет как состояние организма (специфический и неспецифический, клеточный и гуморальный). Защитные функции крови. Гемостаз. Иммунофизиология человека. Органы иммунной системы. Иммунные процессы. Группы крови. Нейрогуморальная регуляция иммунитета.

#### 6. Выделительная и половая системы.

Функциональная система поддержания осмотического давления плазмы крови. Водно-солевой баланс. Экскреция. Строение органов мочеобразования и выведения мочи. Процессы образования мочи, их регуляция. Оценка деятельности почек. Образование и выделение пота. Функциональная система поддержания осмотического давления плазмы крови. Строение половой системы, половое поведение человека. Онтогенез человека: морфо-функциональные критерии периодизации. Репродуктивная функция человека - особенности у мужчин и женщин. Менструальный цикл. Овуляция. Оплодотворение. Физиологические основы контрацепции.

#### 7. Деление клеток.

Амитоз. Митоз. Мейоз. Основные способы деления ядра (митоз, мейоз, амитоз, эндомитоз). Индивидуальное развитие организма.

#### 8. Обмен веществ и энергии в клетке. Основы пластического обмена: фотосинтез.

Автотрофные и гетеротрофные клетки. Особенности обмена веществ и энергии в растительной клетке. Хлоропласты. Связь структуры и функции. Фотосинтез: световая и темновая фазы (С3-, С4-, САМ –типы фотосинтеза). Хемосинтез на примере бактерий. Взаимосвязь процессов энергетического и пластического обменов в клетке. Аэробное и анаэробное клеточное дыхание.

#### 9. Онтогенез.

Периоды онтогенеза: эмбриональный, постэмбриональный период. Происхождение специализированных частей тела из зародышевых листков. Особенности детского, взрослого и старческого организмов, определяющие тактику применения лекарств.

#### 10. Основы генетики человека. Наследственные заболевания.

Хромосомное определение пола. Наследование, сцепленное с полом. Наследственные болезни человека.

#### 11. Основы генетики. Наследственная изменчивость.

Основные понятия генетики. Законы Г. Менделя. Анализирующее скрещивание. Неполное доминирование. Сцепленное наследование генов. Хромосомная теория наследственности.

#### 12. Основы эволюционного учения.

Теории возникновения жизни на Земле. Биохимическая теория эволюции. Гипотезы происхождения эукариотической клетки. Гипотезы происхождения многоклеточных организмов. Закономерности взаимосвязи организма и среды с позиции адекватной и неадекватной реакции организма.

#### 13. Основы эндокринологии.

Гуморальная регуляция процессов жизнедеятельности. Классификация биологически активных веществ. Гормональная регуляция физиологических функций. Классификация и метаболизм гормонов, клеточные и системные механизмы их действия. Железы внутренней секреции. Внежелезистые гормонпродуцирующие клетки. Понятие о железах внешней, внутренней и смешанной секреции. Гормональная регуляция физиологических функций. Механизмы действия и регуляция выделения гормонов

#### 14. Пищеварительная система.

Пищеварение человека. Строение органов пищеварительного тракта. Основы этапы пищеварения. Нервная и гуморальная регуляция пищеварения. Теории возникновения чувства голода. Голод и насыщение. Моторная функция желудочно-кишечного тракта (ЖКТ). Секреция ферментов. Преобразование пищевых веществ в ЖКТ. Секреция и всасывание в пищеварительном тракте. Регуляция пищеварения. Функциональная система поддержания оптимального уровня питательных веществ.

#### 15. Понятие о медиаторах и модуляторах. Виды медиаторов, рецепторы к ним, их эффекты. Нарушения функционирования медиаторных систем.

Медиаторы, модуляторы и рецепторы нервной системы. Виды медиаторов, рецепторы к ним, их эффекты. Нарушения функционирования медиаторных систем.

#### 16. Проведение возбуждения по нервным волокнам. Типы синапсов. Проводящие межклеточные контакты.

Потенциал действия. Проведение возбуждения по нервному волокну и нервному стволу. Особенности физиологических свойств и функционирования возбудимых клеток. Синаптическая передача возбуждения. Проводящие межклеточные контакты. Клеточные механизмы торможения. Поддержание потенциала покоя. Процесс возбуждения. Потенциал действия.

#### 17. Размножение организмов.

Размножение живых организмов. Типы размножения. Клеточный цикл. Особенности полового и бесполого размножения.

18. Регуляция соматических функций человека. Нервная регуляция вегетативных функций человека.

Принципы работы центральной нервной системы. Автономная (вегетативная) нервная система (АНС). Симпатический, парасимпатический, метасимпатический отделы АНС.

19. Сердечно - сосудистая система. Основы гемодинамики.

Сердце человека: строение, основы функциональной активности, регуляция работы. Свойства сердечной мышцы. Сердечный цикл. Методы исследования сердца. Понятие об ЭКГ. Кровеносные сосуды человека: морфологический и функциональный принципы классификации, строение, функции. Тонус кровеносных сосудов: понятие, нервные и гуморальные механизмы регуляции. Особенности кровотока в разных органах человека. Гемодинамика человека. Процессы микроциркуляции. Методы исследования кровообращения

20. Строение и химия клетки.

История создания и основные положения клеточной теории. Сравнительная характеристика различных типов клеток. Строение и функции органелл. Роль органических и неорганических веществ в клетке. Понятие о гомеостазе Структура и функции белков, углеводов, жиров, нуклеиновых кислот.

21. Строение и функционирование нервной системы.

Строение нервной системы. Нервная регуляция физиологических процессов и функций. Нейрон как структурная и функциональная единица нервной системы. Нейроны и глиальные клетки. Центральный и периферический отделы нервной системы. Функциональные системы организма. Медиаторы и рецепторы нервной системы. Регуляция соматических функций человека. Нервная регуляция вегетативных функций человека. Строение и принципы работы автономной (вегетативной) нервной системы.

22. Строение ядра.

Структура ДНК. Хроматин. Синтез белка. Принцип и этапы передачи наследственной информации в поколениях организмов. Реализация наследственной информации. Свойства генетического кода. Основные этапы биосинтеза белка.

23. Структурные компоненты клеток и их функции.

Особенности строения клеток растений, животных, грибов. Транспорта веществ через мембраны. Виды межклеточных контактов.

24. Ткани человека. Электрофизиология: природа потенциала покоя, потенциала действия.

Морфологические основы жизнедеятельности человека. Классификация структур организма. Уровни структурной организации организма человека. Строение и основные функции клеток и тканей. Базисные физиологические процессы клеток. Особенности физиологических свойств возбудимых клеток. Межклеточные контакты. Ткани и органы. Секреция клеток.

25. Физиология скелетных мышц.

Мышечные ткани. Механизм мышечного сокращения. Физиологические особенности скелетных и гладких мышц.

## 26. Человек и биосфера.

Учение о биосфере: определение и основные концепции биосферы; основные понятия; структура и функции биосферы. Ноосфера или социотехносфера, окружающая среда человека.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Биофизика**

#### **Цель дисциплины:**

- освоение студентами основ биофизики – науки о наиболее простых и фундаментальных взаимодействиях, лежащих в основе биологических процессов.

#### **Задачи дисциплины:**

- формирование базовых понятий об особенностях строения и условиях функционирования биологических молекул;

- обучение студентов принципам построения теоретических моделей при изучении механизмов биологических процессов, изучение принципов регуляции биологических процессов на различном уровне организации (молекулярном, клеточном, популяционном);

- ознакомление с современными экспериментальными подходами и методиками биофизических исследований.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- новейшие открытия и достижения биологии, физики, химии, математики;
- о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук;
- принципы организации биологических систем и регуляции биологических процессов;
- знать основные физико-химические основы функционирования биологических систем всех уровней организации;
- особенности постановки проблем теоретического и экспериментального исследования фундаментальных биологических процессов и явлений методами биофизики;
- возможности и границы безопасности применения результатов фундаментальных биофизических исследований в приложениях (биотехнологиях).

##### **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 биофизического эксперимента;
- научной картиной мира;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории на современном экспериментальном оборудовании;
- математическим моделированием задач биофизики.

**Темы и разделы курса:**

1. Биофизика фотобиологических процессов.

Взаимодействие квантов с молекулами. Эволюция волнового пакета и результаты фемтосекундной спектроскопии. Первичные фотохимические реакции.

Основные стадии фотобиологического процесса. Механизмы фотобиологических и фотохимических стадий. Кинетика фотобиологических процессов.

Проблемы разделения зарядов и переноса электрона в первичном фотобиологическом процессе. Роль электронно-конформационных взаимодействий.

Структурная организация и функционирование фотосинтетических мембран. Фотосинтетическая единица. Два типа пигментных систем и две световые реакции. Организация и функционирование фотореакционных центров. Проблемы первичного акта фотосинтеза. Электронно-конформационные взаимодействия. Фотоинформационный переход.

Кинетика и физические механизмы переноса электрона в электрон-транспортных цепях при фотосинтезе. Механизмы сопряжения окислительно-восстановительных реакций с трансмембранным переносом протона. Механизмы фотоингибирования.

Особенности и механизмы фотоэнергетических реакций бакте-риородопсина и зрительного пигмента родопсина.

Основные типы фоторегуляторных реакций растительных и микробных организмов: фотоморфогенез, фототропизм, фототаксис, фотоиндуцированный каротиногенез. Спектры действия, природа фоторецепторных систем, механизмы первичных фотореакций.

Фитохром – универсальная фоторецепторная система регуляции метаболизма растений. Молекулярные свойства и спектральные характеристики фитохрома. Механизм обратимой фотоконверсии двух форм фитохрома. Понятие о фотохромных молекулах и фотохромном механизме фотоактивации ферментов.

Фотохимические реакции в белках, липидах и нуклеиновых кислотах. ДНК как основная внутриклеточная мишень при летальном и мутагенном действии ультрафиолетового света. Фотосенсибилизированные и двухквантовые реакции при повреждении ДНК. Механизмы фотодинамических процессов. Защита ДНК некоторыми химическими соединениями.

Эффекты фоторепарации и фотозащиты. Ферментативный характер и молекулярный механизм фотореактивации. Роль фотоиндуцированного синтеза биологически активных соединений в процессе фотозащиты. Механизм фотосинергетических реакций при комбинированном действии разных длин волн ультрафиолетового света.

## 2. Молекулярная биофизика.

Макромолекула как основа организации биоструктур. Пространственная конфигурация биополимеров. Статистический характер конформации биополимеров.

Условия стабильности конфигурации макромолекул. Фазовые переходы. Переходы глобула-клубок. Кооперативные свойства макромолекул. Типы объемных взаимодействий в белковых макромолекулах. Водородные связи: силы Ван-дер-Ваальса; электростатические взаимодействия; поворотная изомерия и энергия внутреннего вращения. Расчет общей конформации энергии биополимеров.

Факторы стабилизации макромолекул, надмолекулярных структур и биомембран.

Взаимодействие макромолекул с растворителем. Состояние воды и гидрофобные взаимодействия в биоструктурах. Переходы спираль-клубок.

Особенности пространственной организации белков и нуклеиновых кислот. Модели фибриллярных и глобулярных белков, Количественная структурная теория белка.

Структурные и энергетические факторы, определяющие динамическую подвижность белков. Гиперповерхности уровней конформационной энергии.

Динамическая структура олигопептидов и глобулярных белков; конформационная подвижность. Методы изучения конформационной подвижности: изотопный обмен, люминесцентные методы, ЭПР, гамма-резонансная спектроскопия, ЯМР высокого разрешения, импульсные методы ЯМР, методы молекулярной динамики. Авто- и кросскорреляционные функции торсионных углов и межатомных расстояний. Карты уровней свободной энергии пептидов.

Результаты исследования конформационной подвижности. Ограниченная диффузия. Типы движения в белках. Иерархия амплитуд и времен релаксации конформационных движений. Связь характеристик конформационной подвижности белков с их функциональными свойствами. Динамика электронно-конформационных переходов. Роль воды в динамике белков. Роль конформационной подвижности в функционировании ферментов и транспортных белков.

Электронные уровни в биополимерах. Основные типы молекулярных орбиталей и электронных состояний,  $\pi$ -электроны, энергия делокализации. Схема Яблонского для сложных молекул. Принцип Франка - Кондона и законы флуоресценции. Люминесценция биологически важных молекул. Механизмы миграции энергии: резонансный механизм, синглет-синглетный и триплет-триплетный переносы, миграция экситона. Природа гиперхромного и гипохромного эффектов.

Возбужденные состояния и трансформация энергии в биоструктурах. Перенос электрона в биоструктурах. Различные физические модели переноса электрона. Туннельный эффект.

Туннелирование с участием виртуальных уровней. Электронно-конформационные взаимодействия и релаксационные процессы в биоструктурах.

Современные представления о механизмах ферментативного катализа. Электронно-конформационные взаимодействия в фермент-субстратном комплексе. Формула для константы скорости образования многоцентровой активной конфигурации.

### 3. Радиационная биофизика.

Общая физическая характеристика ионизирующих и неионизирующих излучений. Излучения как инструмент исследований структуры и свойств молекул. Гамма- и рентгеновские лучи. Рентгеноструктурный анализ, лучевая ультрамикрометрия, радиационно-химические методы. Ультрафиолетовое и видимое излучения. Спектроскопия в УФ и видимой области. Лазерная спектроскопия, исследования электронно-вращательных спектров, фотохимические методы исследования. Инфракрасное излучение, инфракрасная спектроскопия. Радиочастоты: СВЧ, УВЧ, ВЧ НЧ. Микроволновая спектроскопия, спектроскопия ЭПР, ЯМР, диэлектрическая спектроскопия, методы электропроводности.

Использование различных видов излучений в медицине, технике и сельском хозяйстве.

Специфика первичных (физических) механизмов действия различных видов излучений на молекулы. Поглощение и размен энергии. Конечный биологический эффект при действии ионизирующих и неионизирующих излучений на биологические объекты и системы.

Первичные и начальные биологические процессы поглощения энергии ионизирующих излучений. Механизмы поглощения рентгеновских и гамма-излучений, нейтронов, заряженных частиц. Экспозиционные и поглощенные дозы излучений. Единицы активности радионуклеотидов. Единицы доз ионизирующих излучений. Фактор изменения дозы облучения. Зависимость относительной биологической эффективности от линейных потерь энергии излучений. Индивидуальные и стационарные дозиметры.

Понятия "малые" и "большие" дозы радиации. Стохастические и статистические эффекты.

Инактивация молекул в результате прямого и непрямого действия ионизирующих излучений. Дозовые зависимости. Прямое действие радиации на ферменты, белки, нуклеиновые кислоты, липиды, углеводы. Первичные процессы, приводящие к инактивации макромолекул при прямом действии радиации. Первичные продукты

радиолиза и дальнейшая судьба облученных макромолекул. Радиочувствительность молекул. Радиолиз воды и липидов. Взаимодействие растворенных молекул с продуктами радиолиза растворителей. Эффект Дейла. Образование возбужденных молекул, ионов и радикалов. Количественная характеристика непрямого действия радиации в растворах. Роль модификаторов в радиолизе молекул.

Радиационная биофизика клетки. Количественные характеристики гибели облученных клеток. Репродуктивная и интерфазная гибель клеток. Апоптоз. Принцип попадания, концепция мишени. Эволюция этих понятий. Стохастические модели.

Основы микродозиметрии ионизирующих излучений. Первичные физико-химические процессы в облученной клетке. Анализ механизмов лучевого поражения клеток. Роль молекулярных механизмов репарации ДНК и репарационных ферментов в лучевом поражении клетки. Роль повреждения биологических мембран в радиационных нарушениях клетки. Окислительные процессы в липидах и антиокислительные системы, участвующие в первичных биофизических и последующих лучевых реакциях.

Восстановительные процессы при лучевом поражении клетки.

Модификация лучевого поражения клетки.

Радиационная биофизика сложных систем. Временные и дозовые эффекты радиации. Сравнительная радиочувствительность биологических объектов и систем. Действие малых доз и хронического облучения. Отдаленные последствия малых доз радиации на организм. Особенности действия внешнего и инкорпорированного, общего и локального, острого и хронического, однократного и многократного облучения.

#### 4. Теоретическая биофизика.

Основные особенности кинетики биологических процессов. Описание динамики биологических процессов на языке химической кинетики. Математические модели. Задачи математического моделирования в биологии. Общие принципы построения математических моделей биологических систем. Понятие адекватности модели реальному объекту.

Динамические модели биологических процессов. Линейные и нелинейные процессы. Методы качественной теории дифференциальных уравнений в анализе динамических свойств биологических процессов. Понятие о фазовой плоскости и фазовом портрете системы.

Временная иерархия и принцип "узкого места" в биологических системах. Управляющие параметры. Быстрые и медленные переменные.

Способы математического описания пространственно неоднородных систем.

Стационарные состояния биологических систем. Множественность стационарных состояний. Устойчивость стационарных состояний.

Модели триггерного типа. Примеры. Силовое и параметрическое переключение триггера.

Гистерезисные явления. Колебательные процессы в биологии. Автоколебательные режимы. Предельные циклы и их устойчивость. Примеры.

Представления о пространственно-неоднородных стационарных состояниях (диссипативных структурах) и условиях их образования.

Кинетика ферментативных процессов. Особенности механизмов ферментативных реакций. Понятие о физике ферментативного катализа.

Кинетика простейших ферментативных реакций. Условия реализации стационарности. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Влияние модификаторов на кинетику ферментативных реакций.

Применение метода графов для исследования стационарной кинетики ферментативных реакций. Общие принципы анализа более сложных ферментативных реакций.

Классификация термодинамических систем. Первый и второй законы термодинамики в биологии. Теплоемкость и сжимаемость белковых глобул. Расчеты энергетических эффектов реакций в биологических системах. Характеристические функции и их использование в анализе биологических процессов.

Изменение энтропии в открытых системах. Постулат Пригожина. Термодинамические условия осуществления стационарного состояния. Связь между величинами химического сродства и скоростями реакций. Термодинамическое сопряжение реакций и тепловые эффекты в биологических системах.

Понятие обобщенных сил и потоков. Линейные соотношения и соотношения взаимности Онзагера. Термодинамика транспортных процессов. Стационарное состояние и условия минимума скорости прироста энтропии. Теорема Пригожина.

Применение линейной термодинамики в биологии. Термодинамические характеристики молекулярно-энергетических процессов в биосистемах. Нелинейная термодинамика.

Общие критерии устойчивости стационарных состояний и перехода к ним вблизи и вдали от равновесия.

Связь энтропии и информации в биологических системах.

Влияние температуры на скорость реакций в биологических системах. Взаимосвязь кинетических и термодинамических параметров. Роль конформационных свойств биополимеров.

## 5. Экологическая биофизика.

Адаптация, устойчивость и надежность биологических систем разного уровня организации: клеток, организмов, популяций. Разнообразие ответных реакций индивидуумов в клеточных ансамблях и популяциях. Динамика энерго-массо обмена. Прогнозирование динамики численности популяции.

Классификация воздействий. Слабые (фоновые) воздействия. Космические и периодические воздействия. Естественный радиационный фон и уровень радона в среде. Проблема озоновой дыры. ЭМ-излучения космических и земных источников. Магнитные поля Солнца, звезд, галактик и других объектов Вселенной. Циклы Солнечной активности, их влияние на Землю. Свет и биоритмы. Биологические часы.

Действие оптического излучения. Фотосинтез в море. Причины лимитирования первичной продукции. Фотоингибирование и фотодеструкция. Фоторегуляция роста растения. Оптические свойства листьев высших растений и спектральные методы оценки функционального состояния фотосинтетического аппарата.

Действие УФ-излучения. Молекулярные механизмы фотоповреждения ДНК при действии УФ излучения экологического диапазона. Клеточные системы репарации ДНК. Фотоповреждение и фотореактивация микроорганизмов. Комбинированное действие излучения разных длин волн на клетку. Ферментативная реактивация. Молекулярные механизмы действия фотолиазы.

Окислительный стресс. Молекулярные механизмы повреждающего действия кислорода. Пути световой и темновой активации молекулярного кислорода. Ферментативные и неферментативные реакции. Роль свободно-радикальных реакций и синглетного кислорода. Методы изучения окислительных деструктивных процессов в биологических системах. Природные фотосенсибилизаторы фотодеструктивных процессов. Повреждения растений при действии гербицидов, загрязнителей атмосферы, токсических веществ, заболеваниях. Фагоцитоз и сверхчувствительность в связи с иммунитетом животных и растительных организмов. Старение растений, продукты деградации липидов и пигментов.

Молекулярные механизмы адаптации живых организмов к экстремальным факторам внешней среды (температурам, освещению, засолению, действию ксенобиотиков, гипоксии и гипероксии).

Оценка состояния среды обитания. Предельно допустимые концентрации и биотестирование. Методология биотестирования. Дистанционные методы. Практическое использование биотестирования для оценки качества среды.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Биохимия**

#### **Цель дисциплины:**

- обучить студентов основам статической и динамической биохимии, дать им представление о механизмах регуляции метаболизма.

#### **Задачи дисциплины:**

- формирование общих представлений о структуре основных биологических микро- и макромолекул (аминокислот, мононуклеотидов, липидов, углеводов белков и нуклеиновых кислот), а также о функциях этих соединений;
- приобретение знаний о механизмах регуляции метаболических процессов;
- получение представлений об основных методах биохимических исследований;
- приобретение знаний об основах ферментативного катализа;
- формирование представлений о принципах передачи сигналов внутри клетки и организма;
- приобретение учащимися представлений об основных областях применения биохимических знаний.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- предмет биохимии и современные концепции этой науки;
- структурные особенности основных классов биологически важных соединений (аминокислоты, белки, мононуклеотиды, нуклеиновые кислоты, углеводы и липиды);
- функции основных биологических молекул;
- основы ферментативного катализа, преимущества ферментативного катализа по сравнению с химическим;
- структуру основных коферментов и их функции;
- основные способы запасания энергии в биологических системах;

- основные пути энергетического обмена: гликолиз, окислительное декарбоксилирование пирувата, бета-окисление жирных кислот, субстратное и окислительное фосфорилирование;
- основные пути анаболизма: синтез липидов, углеводов, белков и нуклеиновых кислот;
- связь между энергетическим обменом и анаболизмом;
- основные принципы регуляции метаболизма;
- основные пути передачи сигнала в клетке, взаимосвязь между сигнальными каскадами.

#### **уметь:**

- устанавливать связь между структурой биологических соединений, их физическими и химическими свойствами, а также функциями;
- использовать основные принципы, обуславливающие эффективность функционирования биоструктур для создания новых технологий;
- пользоваться подходами и методами биохимии для исследования биологических объектов.

#### **владеть:**

- подходами, используемыми в биохимических исследованиях;
- навыками планирования и ведения самостоятельной работы в научной библиотеке, лаборатории и интернете;
- методическими подходами, применяемыми для исследования основных классов биологических соединений, регуляции метаболических путей и функционирования сигнальных каскадов.

#### **Темы и разделы курса:**

1. Введение, связь биохимии с другими биологическими науками.

История развития биохимии, связь биохимии с энзимологией, молекулярной биологией, биоинженерией, биоинформатикой, протеомикой, медициной. Биотехнологии.

2. Взаимосвязь катаболизма и анаболизма.

Цикл трикарбоновых кислот (цикл Кребса). Отдельные реакции цикла, энергетический выход. Связь между процессами трансформации углеводов и липидов, их вхождение в цикл Кребса. Вхождение продуктов трансаминирования аминокислот в цикл Кребса. Судьба кетокислот, образующихся в процессе трансаминирования. Использование интермедиатов цикла Кребса в анаболических реакциях: синтез холестерина, гема.

3. Динамическая биохимия, основные принципы метаболизма.

Энергетический обмен, роль АТФ. Другие макроэргические соединения. Гликолиз, субстратное фосфорилирование. Включение гликогена в гликолиз. Пентозофосфатный

шунт и его функции. Окислительное декарбоксилирование пирувата. Бета-окисление жирных кислот. Окислительное фосфорилирование. Цепь переноса электронов митохондрий, отдельные компоненты цепи. Цитохромы. Сопряжение процессов окисления и переноса протонов через мембрану при работе дыхательной цепи. АТФ-синтетаза, механизм функционирования. Трансаминирование аминокислот. Судьба глутаминовой и аспарагиновой аминокислот. Цикл мочевины. Вхождение аминокислот в процесс энергетического обмена. Распад пуринов и пиримидинов. Основные продукты азотистого обмена. Пластический обмен. Реакции матричного синтеза. Репликация, ферменты, обеспечивающие процесс репликации. Механизм наращивания цепи ДНК, направление синтеза. Фрагменты Оказаки. Транскрипция. Промотор, регуляция синтеза белка на уровне транскрипции. Первичные транскрипты и их процессинг, альтернативный сплайсинг. Обратная транскрипция. Лактам-лактимная таутомерия и ее роль в возникновении мутаций. Мутагенез, понятие о прямых и непрямых химических мутагенах. Физические мутагенные воздействия. Трансляция: активация транспортных РНК, процесс образования пептидной связи. Сворачивание (фолдинг) белков. Посттрансляционная модификация белков. Фотосинтез. Реакции световой фазы: поглощение света пигментами. Фотосистемы I и II. Цепи переноса электронов в этих фотосистемах. Фотосистемы пурпурных и зеленых бактерий. Реакции темновой фазы фотосинтеза (цикл Кальвина). Глюконеогенез его связь с гликолизом. Синтез жирных кислот: сходство и различия в процессах синтеза и распада жирных кислот. Образование малонил-КоА. Наращивание углеводородной цепи. Структура комплекса, обеспечивающего синтез жирных кислот у *E. coli*. Образование глицеро-3-фосфата. Синтез фосфатидной кислоты. Синтез триацилглицеридов и глицерофосфолипидов. Роль ЦТФ в процессе синтеза фосфоглицеролипидов. Основные этапы синтеза холестерина. Синтез эйкозаноидов (простагландины и лейкотриены). Их роль в возникновении воспалительных процессов. Циклооксигеназа. Синтез пуринов и пиримидинов.

#### 4. Принципы регуляции метаболических процессов.

Ингибиторы и активаторы ферментов. Аллостерическая регуляция ферментативной активности. Системы отрицательных и положительных обратных связей в метаболических путях. Изоферменты на примере гексо- и глюкокиназы, а также лактатдегидрогеназы. Механизм действия жирорастворимых гормонов как регуляторов транскрипции. Основные гормоны (адреналин, инсулин, глюкагон, стероидные гормоны: глюко-, минералокортикоиды и половые гормоны, тропные гормоны гипофиза) места их синтеза и их эффекты. Механизм действия гормонов, не проникающих через мембрану. Рецепторы с семью трансмембранными доменами. Трехмерные ГТФ-связывающие белки. Вторичные мессенджеры, механизмы их действия. Образование и распад цикло-АМФ. Протеинкиназы, фосфорилирующие остатки серина и треонина. Протеинкиназы, фосфорилирующие остатки тирозина. Механизм активации распада гликогена под воздействием адреналина. Характерные особенности клеточной сигнализации: специфичность, усиление сигнала, интеграция различных сигналов, десенситизация.

#### 5. Структурная биохимия.

Структура аминокислот, входящих в состав белков, их химические свойства, распределение по группам в соответствии с особенностями структуры, небелковые аминокислоты и их функции. Белки: характерные особенности пептидной связи, структурная организация (первичная, вторичная, третичная, четвертичная структура). Понятия «субъединица» и «домен». Конформация белка, его конформационная лабильность, денатурация белка.

Сложные белки. Методы очистки белков. Аналитические методы анализа белков: изоэлектрофокусирование, одномерный электрофорез в полиакриламидном геле, двумерный электрофорез, масс-спектрометрия. Ферменты: сравнение с химическими катализаторами. Активный центр ферментов. Энергия активация химической реакции и способы ее снижения. Гипотеза индуцированного соответствия. Кинетика Михаэлиса-Ментен, максимальная скорость ферментативной реакции, число оборотов фермента, константа Михаэлиса. Типы катализа. Классификация ферментов. Коферменты и кофакторы, их роль в катализе. Структура нуклеотидов: АТФ и другие нуклеозидтрифосфаты как энергетическая валюта клетки. Окислительно-восстановительные эквиваленты: НАД, НАДФ, флавиновые коферменты; коэнзим А, липоевая кислота, тиаминпирофосфат, биотин, пиридоксальфосфат. Классификация и функции липидов. Насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты. Триацилглицериды (жиры) и их функция. Фосфоглицеролипиды. Фосфосфинголипиды. Структура мембран, латеральная и вращательная подвижность липидов в мембране. Взаимодействие липидов и интегральных белков мембраны. Липосомы и мицеллы. Фосфолипазы А1, А2, С и D, продукты, получаемые при действии этих фосфолипаз на глицерофосфолипиды. Жирорастворимые витамины и гормоны липидной природы. Холестерин и его функции. Желчные кислоты. Эйкозаноиды и их функции. Углеводы: структура и функции. Мономерные и полимерные углеводы. Эпимеры и стереоизомеры. Циклические и открытые формы мономерных углеводов на примере глюкозы. Редуцирующие и нередуцирующие сахара. Полимерные сахара: крахмал, гликоген, целлюлоза, хитин. Нуклеиновые кислоты. ДНК: структура мононуклеотида, образование цепи из отдельных нуклеотидов. Образование двуцепочечной ДНК, принцип комплементарности, его структурная основа. Структура двухцепочечной ДНК. РНК, ее виды, структура транспортной РНК, роль различных видов РНК.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Введение в базы данных**

#### **Цель дисциплины:**

- изучение и практическое освоение методов создания баз данных (БД) и общих принципов их функционирования, теоретических и прикладных вопросов применения современных систем управления базами данных (СУБД) и автоматизированных информационных систем (АИС).

#### **Задачи дисциплины:**

- изучение основных моделей данных и языковых средств работы с реляционными базами данных;
- изучение принципов организации систем баз данных;
- изучение возможностей СУБД Oracle;
- освоение методологии проектирования баз данных.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- принципы организации и архитектуры систем баз данных;
- модели данных;
- последовательность и этапы проектирования баз данных;
- современные методики синтеза и оптимизации структур баз данных;
- основные конструкции языка обработки данных (SQL);
- методики оптимизации процессов обработки запросов;
- современные методы обеспечения целостности данных;
- методы физической организации баз данных;
- стандарты, методические и нормативные материалы, определяющие проектирование, создание и сопровождение баз данных;

- современные методы и средства создания автоматизированных информационных систем, основанных на базах данных;
- о многообразии современных систем управления базами данных, их областях применения и особенностях;
- о тенденциях и перспективах развития современных систем управления базами данных;
- об основных нерешенных на сегодняшний день проблемах, возникающих при создании и использовании баз данных.

**уметь:**

- применять современную методологию для исследования и синтеза информационных моделей предметных областей АИС;
- применять современную методологию на стадии технического проектирования – обследование, выбор и системное обоснование проектных решений по структуре информационных моделей и базам данных;
- проектировать базы данных (от этапа анализ предметной области информационной системы до реализации физической модели базы данных);
- применять методы проектирования баз данных и составления программ взаимодействия с базой данных;
- реализовывать и документировать автоматизированную информационную систему, основанную на базе данных.

**владеть:**

- навыками работы с реляционными базами данных на языке SQL;
- опытом работы по проектированию базы данных: проведения анализа предметной области информационной системы, составления инфологической модели и даталогической (концептуальной) схемы базы данных, определения ограничений целостности и прав доступа к данным, использования средств защиты данных;
- методологией применения метода "сущность связь" (ER-method, method "entity-relation") для проектирования баз данных.

**Темы и разделы курса:**

1. Введение в язык баз данных SQL.

Общие сведения. Стандарты. Правила написания команд. Операторы. Создание объектов БД. Синтаксис команды create table. Синтаксис команд insert, update, delete. Синтаксис команды select. Операторы. Предикаты. NULL-значение. Агрегирование результатов. Подзапросы. Соединение таблиц. Самосоединение. Синтаксис команды create view. Обновляемые и необновляемые представления.

## 2. Введение. Модели данных.

Информация, данные, знания, предметная область, база данных, СУБД, банк данных. Автоматизированная информационная система. Понятие, классификация, виды ИС. Предметная область информационной системы. Назначение и основные компоненты системы баз данных: база данных, СУБД, приложения. Уровни представления данных: внешние схемы, концептуальный уровень, схема хранения. Понятие модели данных. Типы структур данных. Операции над данными. Ограничения целостности. Сетевая модель данных (СМД): принципы организации, достоинства, недостатки. Иерархическая модель данных (ИМД): принципы организации, достоинства, недостатки. Реляционная модель данных (РМД): принципы организации, понятие отношения, свойства отношения, реализация связей, достоинства и недостатки модели. Операции реляционной алгебры

## 3. Механизмы доступа к данным. Оптимизация запросов.

Механизм транзакций: определение транзакции, свойства транзакции, начало и завершение транзакций, команды управления транзакциями. Взаимовлияние транзакций, уровни изоляции транзакций. Блокировки: определение, механизм работы, типы блокировок, тупиковые ситуации. Временные отметки. Многовариантность. Методы оптимизации: по стоимости, по синтаксису. Новые методы оптимизации в Oracle. Порядок оптимизации выполнения запроса. Способы написания более эффективных запросов. Подсказки Oracle (hints).

## 4. Обеспечение защиты данных в БД.

Обеспечение безопасности данных. Виды сбоя: сбой приложения, сбой предложения пользователя, ошибка пользователя, сбой процесса операционной системы, сбой фонового процесса СУБД. Средства физической защиты данных: журнал транзакций, сегмент отката. Резервное копирование. Восстановление базы данных. Защита от несанкционированного доступа. Системные и объектные привилегии. Права доступа, команды назначения и отъёма привилегий. Привилегии владельца. Роли. Описание ограничений целостности средствами языка SQL. Реализация ограничений целостности с помощью представлений и триггеров.

## 5. Обзор современных СУБД и перспективы развития БД.

Объектно-реляционные СУБД (на примере Oracle). Составные типы данных. Наследование и полиморфизм. Особенности языка SQL для объектно-реляционной модели. Объектно-ориентированные СУБД. Стандарт ODMG 3.0. Архитектура хранилища данных. Метаданные. Потoki данных: восходящий, нисходящий. Схемы типа "звезда" и "снежинка". Проблемы применения ХД. OLAP-технология. Потокoвые базы данных. Работа с неточными данными. Новые пользовательские интерфейсы. Проблемы оптимизации запросов. Интеграция разнородных и слабо формализованных данных. Организация доступа к базам данных через Internet. Самоадаптация. Сохранность данных. Технологии разработки данных и знаний (data mining и knowledge mining).

## 6. Организация приложений на основе баз данных.

Особенности архитектуры клиент-сервер для БД. Технологии доступа к базе данных (ADO, BDE, ODBC). Алфавит, ключевые слова, управляющие конструкции. Хранимые процедуры и функции: создание и использование. Взаимодействие с Oracle из PL/SQL. Обработка ошибок (исключительных ситуаций). Предопределенные и пользовательские исключительные ситуации. Триггеры баз данных: обычные, триггеры уровня схемы и триггеры INSTEAD OF. Назначение, создание и особенности использования.

Динамический SQL. Пакет dbms\_sql и NDS (Native Dynamic SQL). Сравнение возможностей. Организация интерфейса к базе данных.

## 7. Системы управления базами данных (СУБД).

Классификация СУБД: по степени универсальности, по модели данных, по принципам хранения данных. Правила Кодда для реляционной СУБД (РСУБД). Основные функции реляционной СУБД: Хранение, извлечение и обновление данных. Каталог (ССД), доступный конечным пользователям. Поддержка транзакций. Служба управления параллельной работой. Службы восстановления. Службы контроля доступа к данным. Службы поддержки целостности данных. Службы поддержки независимости от данных. Администрирование базы данных: администрирование предметной области, администрирование базы данных, администрирование приложений, администрирование безопасности. Словарь-справочник данных: особенности Oracle.

## 8. Физическая организация данных.

Структура хранимых данных: хранимые записи фиксированной и переменной длины. Ключ базы данных. Управление пространством памяти и размещением данных. Виды адресации хранимых записей. Структура памяти: табличные области, сегменты, экстенды, блоки памяти. Параметры распределения памяти. Структура формата DBF. Механизмы доступа к данным. Оптимизация запросов. Индексирование данных: назначение индексов, принципы организации, типы индексов (составные, линейные и многоуровневые, плотные и неплотные, сжатые и несжатые). Индекс в виде В-дерева: принципы организации, достоинства. Хеширование: принципы организации, достоинства, недостатки. Использование хеширования в Oracle. Кластеризация данных: принципы организации, достоинства, недостатки. Использование кластеризации в Oracle.

## 9. Элементы проектирования баз данных.

Основные этапы проектирования ИС: предпроектная подготовка, проектирование БД, реализация проекта и создание приложений. Методы инфологического проектирования: функциональный, предметный, метод "сущность-связь". Сущности, атрибуты сущностей, связи между сущностями. Термины и классификация. Объединение локальных представлений. Показатели, на основе которых определяются требования к операционной обстановке: объем БД, режим работы, характер и интенсивность запросов. Параметры, которые следует учитывать при выборе СУБД: модель данных, функциональные возможности, типы данных, надежность, стоимость, наличие квалифицированного персонала. Преобразование ER-диаграммы в схему БД. Выявление нереализуемых связей. Составление отношений. Определение первичных ключей. Определение типов данных атрибутов. Описание ограничений целостности. Аномалии модификации данных. Нормализация отношений. Денормализация отношений. Правила реализации проекта на языке SQL. Объекты БД. Порядок создания объектов БД под управлением СУБД Oracle.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Введение в биоорганическую химию**

#### **Цель дисциплины:**

- формирование базовых знаний основных понятий и законов химии, свойств важнейших веществ, понимание сути химических превращений, способности применять знания на практике.

#### **Задачи дисциплины:**

- освоение студентами базовых знаний в области биологической химии;
- приобретение теоретических знаний в области изучения наиболее важных процессов биологического обмена веществ в живой клетке, координации и регуляции этого обмена, сопряжения метаболических циклов;
- оказание консультаций и помощи студентам в области тех разделов молекулярной биологии и химии живого, которые необходимы для выполнения собственной теоретической и практической работы студентов;
- формирование у студентов навыков самостоятельной работы со специальной научной литературой биологической направленности.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- основные закономерности химических процессов;
- свойства химических элементов и их соединений;
- правила техники безопасности при работе с химическими реактивами.

##### **уметь:**

- использовать периодическую систему элементов для описания химических и физико-химических свойств элементов и их соединений;
- использовать полученные знания при выполнении лабораторных работ, решении задач и обсуждении теоретических вопросов;

- анализировать полученные в ходе лабораторной работы данные и делать правильные выводы;
- выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения поставленных экспериментальных задач;
- критически оценивать применимость рекомендованных методик и методов.

**владеть:**

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- культурой постановки и моделирования биологических задач;
- навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач.

**Темы и разделы курса:**

1. Введение в биоорганическую химию.

Предмет органической химии. Углерод. Источники выделения и получения органических веществ. Основные классы органических соединений: углеводороды, функциональные производные, гетероциклы.

Рациональная и IUPAC номенклатуры – основные положения и правила. Уровни описания органических соединений: качественный состав, количественный состав, строение. Структурная изомерия. Методы исследования органических соединений.

2. Уровни описания строения биоорганических соединений.

Классификация органических соединений по строению углеродного скелета. Функциональные группы и соответствующие классы органических соединений. Два вида номенклатуры. Систематическая номенклатура ИЮПАК. Тривиальные названия. Химическая связь в органических соединениях. Методы молекулярных орбиталей (МО) и резонансных структур (РС). Формулы Льюиса. Индуктивные эффекты. Энергия сопряжения. Мезомерные эффекты. Делокализованные связи в методе РС. Предельные резонансные структуры.

Ароматические соединения, ароматичность. Правило Хюккеля.  $\pi$ ,  $\pi$ -Сопряжение и  $\rho$ ,  $\pi$ -сопряжение. Бензол и ароматические циклы. Водородная связь в органических соединениях. Межмолекулярные взаимодействия.

3. Химическая связь и взаимное влияние атомов в органических соединениях.

Атомные орбитали. Гибридизация орбиталей.  $\sigma$  и  $\pi$  – Связи. Квантово-механическое описание ковалентной связи. Метод молекулярных орбиталей (МО) и метод резонансных структур. Сопряжение и ароматичность. Правило Хюккеля. Индуктивные эффекты. Мезомерные эффекты (эффект сопряжения).

#### 4. Пространственное строение и изометрия.

Элементы симметрии и условия возникновения хиральности. Относительная и абсолютная конфигурация. Тетраэдрические проекции. Проекция по Фишеру. Соединения, содержащие несколько хиральных центров. Ньюменовские проекции. Энантиомерия, диастереомерия. Рацематы. Мезо-формы. Стереохимия аминокислот и углеводов.

#### 5. Кислотно-основные свойства органических соединений.

Кислотность и основность по Бренстеду. Кислоты и основания Льюиса. Влияние электронодонорных и электроноакцепторных групп на силу кислот и оснований.  $pK_a$  и  $pK_b$ . Кислотно-основное равновесие в растворе аминокислот. Цвиттер-ионы, изоэлектрическая точка. Нейтральные, кислые и основные  $\alpha$ -аминокислоты.

#### 6. Структурные компоненты биополимеров.

Некоторые химические свойства  $\alpha$ -аминокислот. Качественные реакции. Строение и синтез пептидов. Моносахариды. Циклические формы сахаров. Нуклеозиды и нуклеотиды.

#### 7. Уровни пространственной организации биополимеров.

Силы, стабилизирующие пространственную структуру биополимеров. Первичная, вторичная, третичная и четвертичная структура белков. Первичная, вторичная и третичная структура нуклеиновых кислот.

#### 8. Методы исследования биоорганических соединений.

Электрофорез. Хроматография. Спектральные методы. Дифракционные методы.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Введение в математический анализ**

#### **Цель дисциплины:**

- обучение основам математического анализа для формирования у студентов представления о математике, как особом методе познания природы, осознания общности математических понятий и моделей, приобретения навыков логического мышления и оперирования абстрактными математическими объектами;
- воспитание высокой математической культуры.

#### **Задачи дисциплины:**

- добиться четкого, ясного понимания основных объектов исследования и понятий анализа;
- продемонстрировать возможности методов анализа для решения задач фундаментальной и прикладной математики;
- привить точность и обстоятельность аргументации в математических рассуждениях;
- сформировать высокий уровень математической культуры, достаточный для понимания и усвоения последующих курсов по непрерывной и дискретной математике;
- способствовать: подготовке к ведению исследовательской деятельности (в частности, для написания курсовой и выпускной квалификационной работ) в областях, использующих математические методы; созданию и использованию математических моделей процессов и объектов; разработке эффективных математических методов решения задач естествознания, техники, экономики и управления;
- развивать умение самостоятельной работы с учебными пособиями и другой научной и математической литературой.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- основные свойства пределов последовательности и функций действительного переменного, производной, дифференциала, неопределенного интеграла;
- свойства функций 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 действительного переменного;
- вычислять производные элементарных функций, раскладывать элементарные функции по формуле Тейлора;
- применять формулу Тейлора к нахождению главной степенной части при вычислении пределов функций;
- применять формулу Тейлора и правило Лопиталья;
- 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 кривизны 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. Дифференцируемость функции.

Дается определение и разбирается смысл дифференцируемости функции в точке. Доказываются свойства дифференцируемости вытекающие из определения. Доказываются алгебраические свойства дифференцируемых в точке функций.

Доказывается теорема о дифференцируемости обратной функции. Приводятся примеры позволяющие находить производные обратных функций.

Дается определение дифференциала, рассматриваются алгебраические свойства, способы вычисления дифференциала при различных способах задания функций.

Определяются дифференциалы и производные высших порядков. Разбираются способы их вычисления при различных способах задания функций.

Доказываются фундаментальные теоремы отражающие свойства дифференцируемых функций. Разбираются примеры исследования свойств функций на основе доказанных теорем.

Доказана теорема Дарбу о свойстве производной принимать промежуточные значения.

Доказывается важная для дальнейшего теорема о локальной обратимости, связанная с непрерывностью производной в точке.

## 2. Интегрируемость функции.

Рассматривается идея интегрирования и ее реализация по Дарбу.

Доказывается критерий интегрируемости функций и его применение к исследованию интегрируемости непрерывных и монотонных функций.

Дается определение семейства интегральных сумм, предельной точки семейства интегральных сумм. Доказывается теорема о эквивалентности интегрируемости по Риману и существования предельной точки семейства интегральных сумм.

Доказывается теорема о интегрируемости сложной функции из которой получаем ряд важных следствий.

Рассматриваются аддитивные и линейные свойства интеграла Римана, а также свойства множества интегрируемых функций. В частности теоремы о среднем значении.

Выводится формула замены переменной в интеграле и формулируются условия при которых формула верна.

Рассматривается зависимость значения интеграла от промежутка интегрирования, и как следствие формула Ньютона — Лейбница. Рассматриваются примеры применения для вычисления значений интегралов от простейших функций.

Дается определение, так называемого, неопределенного интеграла и устанавливаются его алгебраические свойства.

## 3. Множества. Отношения. Операции.

Даются общие представления о исчислении высказываний. Разбираются важные для дальнейшего примеры.

Даются определения операций над множествами, определения и свойства отношений и операций.

Изучаются основные виды алгебраических конструкций.

Изучаются числа как реализация основных алгебраических конструкций.

Дается определение и примеры метрических пространств, определяются свойства точек и подмножеств метрического пространства.

Изучаются алгебраические и топологические свойства отображений.

## 4. Непрерывные функции.

Даются определения ограниченности, предельности и непрерывности отображения в точке, вытекающие из свойств действительных чисел и как упорядоченного поля, так и метрического пространства. Изучаются основные локальные свойства.

Доказывается теорема о непрерывном образе отрезка. Доказывается теорема о равномерной непрерывности непрерывной на отрезке функции. Разбираются следствия указанных свойств. Рассматриваются примеры.

Рассматриваются свойства бесконечно малых функций, разбираются замечательные пределы и разбираются методы нахождения пределов основанные на свойствах замечательных пределов и б.м функций.

Доказывается простая но фундаментальная теорема о свойстве непрерывной функции достигать локального экстремума на отрезке как компакте.

#### 5. Приложения функции действительного переменного.

Рассматриваются методы анализа экстремальных свойств функции действительной переменной.

Рассматриваются методы исследования различных свойств функций и методы построения эскиза графика на основе проведенного исследования для различных способов задания функций.

Рассматриваются приложения свойств функций действительной переменной для решения физических и геометрических задач.

#### 6. Приложения функции действительного переменного.

Рассматриваются методы анализа экстремальных свойств функции действительной переменной.

Рассматриваются методы исследования различных свойств функций и методы построения эскиза графика на основе проведенного исследования для различных способов задания функций.

Рассматриваются приложения свойств функций действительной переменной для решения физических и геометрических задач.

#### 7. Числовые последовательности.

Дается определение числовой последовательности и изучаются свойства следующие из определения.

Изучаются ограниченные последовательности, дается определение частичного предела и свойства последовательностей иметь верхний и нижний пределы.

Изучаются сходящиеся последовательности с алгебраической и топологической точек зрения. Приводятся примеры важных числовых последовательностей и методы доказательства сходимости.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Вычислительная математика**

#### **Цель дисциплины:**

- освоение студентами фундаментальных знаний в области приближенного решения краевых задач и математического моделирования, изучение современных методов дискретизации дифференциальных уравнений и областей их практического применения.

#### **Задачи дисциплины:**

- формирование базовых знаний в области дискретизации дифференциальных уравнений и математического моделирования как дисциплин, обеспечивающей технологические основы современных инновационных сфер деятельности;
- обучение студентов двум классам современных методов дискретизации и ознакомление с их приложениями;
- формирование подходов к выполнению исследований студентами по математическому моделированию 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 теории аппроксимации и вычислительной математики;
- методы приближенного решения задач математической физики;
- постановку проблем моделирования физических 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 современных компьютерах;
- абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций;
- пользоваться справочной литературой научного и прикладного характера.

**владеть:**

- планированием, постановкой и обработкой результатов численного эксперимента;
- научной картиной мира;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории на современном компьютерном оборудовании;
- навыками освоения большого объема информации;
- культурой постановки и моделирования физических задач.

**Темы и разделы курса:**

1. Интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений.

Одношаговые явные методы: Эйлера, Рунге-Кутты; неявные методы: Эйлера, Кранка-Николсон. Многошаговые, многозначные методы: Адамса, Гира. Краевые задачи. Жесткие системы. Метод прогонки.

2. Приближение дифференциальных и интегральных операторов.

Конечные разности. Компактные (Паде-) приближения. Теорема Филиппова. Метод априорных оценок, неравенство Пуанкаре. Устойчивость явных и неявных схем. Спектральный признак устойчивости. Принцип замороженных коэффициентов. Исследование устойчивости простейших схем для уравнения теплопроводности в нормах  $C$ ,  $L$ . Коллокация. Конечные элементы. Проекционная теорема, оценка точности для кусочно-линейного базиса. Проекционная теорема для компактно возмущенного оператора.

3. Приближение функций.

Принцип максимального объема, теорема о выборе узлов. Интерполяция многочленами на отрезке, форма Лагранжа. Обусловленность матрицы Вандермонда. Разделенные разности, форма Ньютона, погрешность интерполяции. Бариецентрическая форма интерполяционного многочлена. Оценки констант Лебега сверху и снизу. Эффект Гиббса, монотонная интерполяция. Вариационное свойство естественных сплайнов, погрешность сплайн-интерполяции, квазилокальность (на примере кубических сплайнов). Основные свойства В-сплайнов. Пример Фабера. Кривые последовательного деления. Ортогональные, биортогональные всплеск-преобразования, адаптация всплеск-преобразований (лифтинг).

4. Численное интегрирование.

Интерполяционные квадратурные формулы; формулы прямоугольников, трапеций, Симпсона. Ортогональные многочлены, трехчленные соотношения, механическая квадратура Гаусса-Якоби. Экстраполяция Рундсона. Адаптивные формулы, правило Рунге. Интегрирование функций с особенностями. Интегрирование быстроосциллирующих функций. Методы Монте-Карло. Центральная предельная теорема. Линейные, инверсивные конгруэнтные генераторы, генератор И.М. Соболя.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Гармонический анализ**

#### **Цель дисциплины:**

- формирование базовых знаний по математическому анализу 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 математическому анализу;
- формирование общематематической культуры: умение логически мыслить, проводить доказательства основных утверждений, устанавливать логические связи между понятиями;
- формирование умений и навыков применять полученные знания для решения аналитических задач, самостоятельного анализа полученных результатов.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- определение и свойства тензоров и внешних форм, тензорные операции, тензорный закон преобразования координат;
- определение и основные свойства дифференциальных форм, криволинейных и поверхностных интегралов от форм, внешнего дифференциала формы, общую теорему Стокса;
- свойства ротора и дивергенции векторного поля, классические формулы Грина, Стокса и Остроградского – Гаусса; основные свойства функциональных рядов и несобственных интегралов, зависящих от параметров, теоремы о равномерной сходимости и аналитические свойства равномерно сходящихся рядов и интегралов;
- теорему о сходимости степенных рядов, теорему Коши – Адамара, свойства аналитических функций; теоремы о сходимости и равномерной сходимости рядов Фурье, теорему Фейера, теоремы Вейерштрасса о приближении функций многочленами; свойства преобразования Фурье;

- теорему обращения преобразования Фурье; определение, основные свойства и примеры обобщенных функций.

**уметь:**

- осуществлять основные операции с тензорами и внешними формами, вычислять их координаты; находить криволинейные и поверхностные интегралы от дифференциальных форм, вычислять внешний дифференциал, пользоваться формулой Стокса;

- находить дивергенцию и ротор векторного поля; исследовать функциональные ряды и несобственные интегралы, зависящие от параметров, на поточечную и равномерную сходимость;

- вычислять радиус сходимости степенного ряда, разлагать функцию в ряд Фурье и исследовать его сходимость, вычислять преобразование Фурье, находить производные обобщенных функций.

**владеть:**

- тензорной алгеброй для ее применения в анализе и физике, аппаратом дифференциальных форм, криволинейных и поверхностных интегралов и внешних производных и его приложениями в дифференциальных уравнениях и теоретической физике;

- теорией функциональных рядов и несобственных интегралов, гармоническим анализом и первыми понятиями теории обобщенных функций, их приложениями.

**Темы и разделы курса:**

1. Тензорная алгебра и векторный анализ.

Тензорные произведения линейных пространств. Универсальность тензорного умножения. Общие тензорные операции. Линейные отображения и полилинейные функции как примеры тензоров.

Тензоры типа  $(p, q)$ . Операции над тензорами. Тензорный закон преобразования координат.

Внешние формы. Внешнее умножение форм и его свойства.

Внешние формы в евклидовых пространствах. Скалярное умножение тензоров и внешних форм. Детерминант и объем ориентированного параллелепипеда.

Оператор Ходжа и его свойства.

Тензоры в физике и механике.

Криволинейные и поверхностные интегралы как интегралы от дифференциальных форм. Дифференциальные формы на кривых, поверхностях и в областях трехмерного евклидова пространства. Ограничение форм.

Интегрирование и внешнее дифференцирование форм. Формула Стокса.

Связь дифференциальных форм с векторными полями. Дивергенция и ротор, поток и циркуляция поля. Классические формулы Грина, Стокса и Остроградского – Гаусса.

## 2. Функциональные пространства и обобщенные функции.

Нормированные бесконечномерные пространства. Сходимость. Линейно независимые и полные системы.

Функциональные пространства и полные системы функций. Полные и неполные пространства.

Евклидовы пространства. Норма в евклидовом пространстве. Тождество параллелограмма.

Ортогональные системы. Ортогонализация.

Наилучшее приближение вектора евклидова пространства линейной комбинацией векторов ортогональной системы. Неравенство Бесселя. Полнота ортогональной системы. Равенство Парсеваля. Замкнутые ортогональные системы. Полные евклидовы пространства и свойства ортогональных систем в них. Изоморфизм евклидовых пространств.

Полнота системы алгебраических и тригонометрических многочленов в пространстве  $Q$ .

Пространство  $D$ . Обобщенные функции. Примеры. Регулярные и сингулярные обобщенные функции.

Производные обобщенных функций.

Пространство Шварца. Обобщенные функции умеренного роста. Преобразование Фурье обобщенных функций умеренного роста.

## 3. Функциональные ряды и несобственные интегралы, зависящие от параметров. Степенные ряды, ряды Фурье и преобразование Фурье.

Функциональные ряды. Поточечная и равномерная сходимость.

Признаки равномерной сходимости. Свойства равномерно сходящихся функциональных рядов.

Несобственные интегралы, зависящие от параметров. Поточечная и равномерная сходимость.

Признаки равномерной сходимости. Аналитические свойства равномерно сходящихся интегралов. В- и Г- функции.

Степенные ряды. Радиус сходимости. Формула Коши – Адамара. Аналитические функции.

Ряды Фурье. Теоремы о сходимости рядов Фурье. Теорема Фейера.

Теоремы Вейерштрасса о приближении непрерывных функций многочленами.

Преобразование Фурье. Формула обращения. Свойства преобразования Фурье.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Дифференциальные уравнения**

#### **Цель дисциплины:**

- освоение студентами фундаментальных знаний в области обыкновенных дифференциальных уравнений, изучение способов исследования и решения дифференциальных уравнений, а также их практического применения.

#### **Задачи дисциплины:**

- формирование базовых знаний в области дифференциальных уравнений как дисциплины, обеспечивающей научные основы современных моделей окружающего мира и технологических процессов;

- обучение студентов методам решения дифференциальных уравнений и выявления их особенностей и специфических свойств;

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

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- методы теории обыкновенных дифференциальных уравнений.

##### **уметь:**

- применять на практике методы теории обыкновенных дифференциальных уравнений.

##### **владеть:**

- методологией и навыками решения научных и практических задач.

#### **Темы и разделы курса:**

1. Динамические системы и теория устойчивости.

Первые интегралы автономных и неавтономных систем. Уравнение в вариациях и теорема о гладкой зависимости решения от параметров и начальных условий. Теоремы о выпрямлении поля направлений и векторного поля.

Локальные теоремы о первых интегралах. Понятие интегрируемости в квадратурах. Теория Пуанкаре-Бендиксона. Устойчивость по Ляпунову. Основные определения: устойчивость, асимптотическая устойчивость, неустойчивость. Устойчивость линейных однородных систем: основные определения. Устойчивость систем с постоянными и периодическими коэффициентами. Устойчивость и сильная устойчивость линейных гамильтоновых систем с постоянными коэффициентами. Расположение и структура множества собственных чисел. Устойчивость и сильная устойчивость линейных гамильтоновых систем с периодическими коэффициентами. Расположение и структура множества мультипликаторов. Параметрический резонанс. Характеристические показатели Ляпунова. Спектр Ляпунова линейной системы с непрерывной ограниченной матрицей. Функции Ляпунова. Теорема Ляпунова об устойчивости. Теорема Ляпунова об асимптотической устойчивости. Функция Четаева. Теорема Четаева о неустойчивости. Теорема об исследовании равновесия на асимптотическую устойчивость по линейному приближению.

## 2. Дифференциальные уравнения первого порядка.

Обыкновенные дифференциальные уравнения и системы первого порядка. Понятие решения. Уравнения с разделяющимися переменными. Теоремы существования и единственности решения для уравнения с разделяющимися переменными. Уравнения в полных дифференциалах и интегрирующие множители. Однородные и квазиоднородные уравнения. Уравнения Бернулли и Риккати. Уравнения, не разрешенные относительно производной. Уравнения, допускающие понижение порядка

## 3. Линейные уравнения и системы.

Экспонента линейного оператора. Определитель экспоненты. Экспонента жордановой клетки. Системы линейных однородных уравнений с постоянными коэффициентами. Пространство решений. Фундаментальная система решений. Характеристическое уравнение. Разложение фазового пространства в прямую сумму инвариантных подпространств. Общее решение. Линейное однородное уравнение  $n$ -ого порядка с постоянными коэффициентами: пространство решений, характеристическое уравнение, общее решение. Классификация особых точек линейных систем на плоскости и их фазовые портреты. Линейные неоднородные системы уравнений с постоянными коэффициентами: общие свойства, метод вариации постоянных, частное решение системы с правой частью в виде квазимногочлена. Линейное неоднородное уравнение  $n$ -ого порядка с постоянными коэффициентами: общие свойства, метод вариации постоянных, частное решение уравнения с правой частью в виде квазимногочлена. Пространство решений линейной однородной системы. Фундаментальная система решений, фундаментальная матрица, определитель Вронского, формула Лиувилля–Остроградского. Линейные неоднородные системы уравнений с переменными коэффициентами: общие свойства, метод вариации постоянных. Линейное однородное уравнение  $n$ -го порядка с переменными коэффициентами: общие свойства, пространство решений, линейная независимость и зависимость решений, фундаментальная система решений, определитель Вронского, формула Лиувилля–Остроградского. Линейное неоднородное уравнение  $n$ -го порядка с

переменными коэффициентами: общие свойства, метод вариации постоянных, формула Коши для общего решения.

#### 4. Линейные уравнения с переменными коэффициентами.

Линейное однородное уравнение 2-ого порядка с переменными коэффициентами: теорема Штурма о перемежаемости нулей решений. Теорема сравнения Штурма, теорема Кнезера. Задача Штурма–Лиувилля, существование бесконечной последовательности собственных чисел. Линейные однородные системы уравнений с периодическими коэффициентами. Оператор монодромии. Мультипликаторы. Теория Флоке–Ляпунова: общий вид фундаментальной матрицы линейной периодической системы, приводимость к системе с постоянными коэффициентами.

#### 5. Общая теория дифференциальных уравнений.

Уравнения и системы порядка выше первого и их сведение к системам первого порядка. Теорема существования и единственности решения дифференциального уравнения. Теоремы о продолжении и непрерывной зависимости решений от начального условия. Максимальный интервал существования. Автономные и неавтономные уравнения. Динамические системы. Геометрические понятия, связанные с дифференциальными уравнениями. Фазовое пространство и расширенное фазовое пространство. Поле направлений, интегральные кривые. Векторное поле, фазовые кривые. Фазовый портрет, положения равновесия, предельные циклы. Преобразование сдвига вдоль решений автономной и неавтономной системы. Фазовый поток автономной системы.

#### 6. Элементы вариационного исчисления.

Основные понятия. простейшая задача вариационного исчисления. Задача о брахистохроне. Задача со свободными концами. задача для функционалов, зависящих от нескольких неизвестных функций, и задача для функционалов, содержащих производные высших порядков. Изопериметрическая задача.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Информатика**

#### **Цель дисциплины:**

- изучение принципов алгоритмизации и современных методов обработки информации с использованием алгоритмических языков.

#### **Задачи дисциплины:**

- освоение студентами базовых знаний в области программирования;
- изучение языка высокого уровня (СИ);
- приобретение навыков работы при создании программного продукта.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- современные методы и средства разработки алгоритмов и программ;
- основные конструкции языков программирования и способы записи алгоритмов на языке высокого уровня (на стандарте языка Си);
- иметь представление об использовании дополнительных пакетов и библиотек при программировании.

##### **уметь:**

- разрабатывать алгоритмические и программные решения прикладного программного обеспечения;
- применять различные методы отладки программ.

##### **владеть:**

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы при создании программного обеспечения.

## **Темы и разделы курса:**

### 1. Динамические структуры. Бинарные деревья. Хэш-таблицы.

Деревья. Бинарные деревья (основные понятия). Построение дерева. Рекурсивный обход дерева. Поиск элемента в дереве. Удаление элементов из дерева. Построение хэш-таблицы.

### 2. Динамические структуры. Списки.

Связанные списки (однонаправленные, двунаправленные, циклические). Основные операции над списками.

### 3. Классы памяти. Динамическое распределение памяти.

Объявление переменной типа структура. Доступ к элементам структуры. Вложенные структуры. Указатели на структуры. Массивы структур. Ввод, вывод структур. Статическое и динамическое распределение памяти под структуры. Классы памяти. Динамическое выделение памяти.

### 4. Массивы. Использование указателей.

Указатели. Операции над указателями. Обработка массивов с использованием указателей. Массивы указателей.

### 5. Основы алгоритмизации. Базовые понятия языка СИ.

Введение в программирование. Типы алгоритмов. Синтез алгоритмов на основе базовых конструкций. Структура СИ-программы. Стандартные типы данных. Выражения, типы выражений. Управляющие структуры. Циклы. Способы хранения информации. Одномерные и двумерные массивы.

### 6. Побитовые операции.

Побитовый доступ к данным.

### 7. Символьные строки. Свободные массивы строк.

Символьные строки. Стандартные функции для работы со строками. Массивы строк. Свободные массивы. Динамическое распределение памяти под строки нефиксированной длины.

### 8. Функции.

Определение и использование функций. Передача параметров. Формальные и фактические параметры. Локальные и глобальные переменные.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **История России**

#### **Цель дисциплины:**

- углубленное изучение основных историко-культурных процессов на территории Отечества в эпохи каменного, бронзового и железного веков, в Древней и Средневековой Руси и в России нового времени вплоть до современности в контексте истории сопредельных земель (в основном относящихся к территории бывшего СССР) на фоне краткой характеристики социально-экономических и политических процессов;
- формирование представления о крупнейших достижениях отечественной культуры, об основных тенденциях ее развития.

#### **Задачи дисциплины:**

- развитие навыков сравнительно-исторического анализа, овладение основами исторического мышления;
- выработка способности применять полученные знания в сфере истории, в сферах культурологии и искусствоведения.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- важнейшие вехи основных историко-культурных процессов на территории Отечества в эпохи каменного, бронзового и железного веков, в Древней и Средневековой Руси и в России нового времени вплоть до современности в контексте истории сопредельных земель (в основном относящихся к территории бывшего СССР);
- основные закономерности историко-культурных процессов на территории Отечества в эпохи каменного, бронзового и железного веков, в Древней и Средневековой Руси и в России нового времени вплоть до современности в контексте истории сопредельных земель (в основном относящихся к территории бывшего СССР);
- крупнейшие достижения отечественной культуры, основные тенденции ее развития.

##### **уметь:**

- осуществлять сравнительно-исторический анализ, овладение основами исторического мышления.

**владеть:**

- основами исторического мышления, способностью применять полученные знания в сфере истории культуры, культурологии и искусствознания.

**Темы и разделы курса:**

1. История и культура Отечества в 1917-2014 годах.

Своеобразие и противоречивость культурного развития СССР в 20-50-е гг. Культура 1920-х гг. Понятие "культурной революции", ее реализация. Новая образовательная система. Наука и техника в 1920-е гг. Художественная культура данного периода. Влияние революций 1917 г. и гражданской войны на состояние культуры.

Культура 1930-х гг. Продолжение "культурной революции". Развитие системы образования. Развитие естественных наук. Ситуация в сфере гуманитарных наук. Художественная культура. Литература. Изобразительное искусство. Архитектура. Кинематограф. Искусство и власть.

Основные противоречия и достижения в области культуры в 60-90-е гг. XX в. и начале XXI в. в СССР и России. Государственная политика в области науки и образования. Новые тенденции в развитии общественных наук. Естественные науки. Художественная культура.

Переход ко всеобщему среднему образованию. Развитие естественных наук. Ситуация в сфере гуманитарных наук. Официальное и неофициальное искусство (литература, живопись, скульптура, театр, музыка).

"Школьная реформа". Радикальные изменения в сфере взаимоотношения государства и сферы культуры. Литература и искусство в новых условиях. Развитие гуманитарных наук и состояние естественных наук.

Новые условия существования культурной сферы. Изменения в системе образования. Ситуация в области естественных и гуманитарных наук. Художественная культура в современной России.

2. Основы Российского государства.

Основы Российского государства. Конституционный строй. Принципы конституционного строя РФ. Россия — единое, целостное государство. Россия — социальное государство. Россия — светское государство.

3. Образование классов и государства у восточных славян. Древняя (домонгольская) Русь. Культурно-историческое развитие. Русские земли и Золотая Орда.

Восточные славяне, их истоки и культура. Проблема этногенеза восточных славян. Основные этапы становления государственности. Древняя Русь и кочевники. Византийско-

древнерусские связи. Особенности социального строя Древней Руси. Этнокультурные и социально-политические процессы становления русской государственности. Принятие христианства. Распространение ислама. Народы Восточной Европы во 2-й пол. I тыс. н.э.

Культура Киевской Руси на фоне средневековой культуры. Культурное наследие восточных славян и русская культура. Формирование древнерусской народности. Архитектура, живопись, ремесла, литература, фольклор. Система росписей древнерусского храма. Техники древнерусского прикладного искусства. Религиозные представления в Киевской Руси: от многобожия к христианству. Двоеверие в русской культурной традиции. Киевская Русь и раскол мировой христианской церкви. Роль христианства в развитии древнерусской культуры.

Культура Новгородской, Владимиро-Суздальской и Галицко-Волынской земель: локальные особенности архитектуры, живописи, ремесла, литературы, фольклора. Подъем культуры в русских землях. Идея единства русской земли в борьбе с внешними захватчиками. "Слово о полку Игореве".

Культура Руси во второй половине XIII-XV вв. Борьба русских земель с монголо-татарским завоеванием и с крестоносцами в XIII в. Золотая Орда.

Социально-политические изменения в русских землях в XIII-XV вв. Русь и Орда: проблемы взаимовлияния. Тормозящее влияние золотоордынского ига на развитие русской культуры. Разгром и уничтожение культурных ценностей. Разрыв и ослабление традиционных связей с христианским миром. Упадок ремесла и искусства.

#### 4. Российская империя в XVIII в. История и культура.

Основные тенденции в развитии образования и просвещения, науки, архитектуры, литературы и искусства в России первой четверти XVIII в. Реформы Петра I в области культуры и быта. Введение гражданского шрифта, арабских цифр, нового календаря. Первая русская печатная газета. Светский характер новой культуры, ее взаимодействие с западноевропейской культурой. Академия наук. Светская школа. Военные школы. Светские учебники и научная литература. Наука и техника. Общественно-политическая мысль. Становление городской архитектуры: регулярная планировка, светские и церковные здания. Создание общественных, научных, музейных, библиотечных учреждений. Литература. Живопись. Скульптура. Театр.

Основные достижения в области культуры в Российской империи середины - 2-й пол. XVIII в.

"Век просвещения". Сословный характер образования. Деятельность Академии наук. Обследование и изучение страны. М.В. Ломоносов. Основание Московского университета, Академии художеств, Горного института. Формирование русской интеллигенции. А.Н. Радищев и становление оппозиционной традиции в русской общественной мысли. Развитие технических и естественных наук. Российские изобретатели. Комплексные географические экспедиции. Вольное экономическое общество. Исторические труды и начало публикации исторических источников. Литература и публицистика. Русское просветительство.

Журналы и газеты. Возникновение русского профессионального театра. Крепостной театр. Быт и нравы: деревня и город.

Архитектура и живопись: барокко и классицизм.

## 5. Россия в XIX - н. XX в. История и культура.

Основные вехи в развитии культуры в предреформенный и пореформенный периоды в России XIX в.

Культура России в первой половине XIX в. Образование и просвещение. Школы. Университеты. Техническое образование. Усиление сословности в образовании. Наука и техника. Художественная культура. Литература: стилевые направления. Становление русского литературного языка. Театр и музыкальная культура. Изобразительное искусство: живопись, скульптура. Архитектура.

Реализм и романтизм. Социальные идеи в архитектуре и живописи.

Культура России во второй половине XIX - начале XX в. Состояние просвещения и печати. Типы начальной школы. Среднее образование. Высшее образование: расширение форм. Основание народных университетов. Книгоиздательское и журнально-газетное дело. Культурно-просветительские учреждения. Развитие науки и техники. Новые направления в науке. Создание научных школ. Начало применения технических новшеств в быту. Художественная культура. Расцвет литературы. Развитие театра. Музыкальная культура. Живопись и скульптура. Модернизм в литературе и изобразительном искусстве. Художественные объединения.

Стиль Модерн. Синтез искусств. Символизм начала XX в.

Основные культурные достижения в России начала XX в. Влияние первой мировой войны, революций февраля и октября 1917 г. и гражданской войны в России на культурную ситуацию.

## 6. Образование и развитие Российского государства в XIV-XVII вв. История и культура.

Влияние на развитие культуры возвышения Москвы и Куликовской победы. Возвышение Москвы. Москва как центр культуры формирующейся великорусской народности.

Возрождение традиций русской письменности. Летописание. Исторические повести ("Сказание о Мамаевом побоище", "Задонщина"). Житийная литература.

Архитектура. Строительство соборов и Московского Кремля. Аристотель Фиораванти.

Живопись. Феофан Грек. Андрей Рублев.

Основные тенденции в развитии культуры России в XVI в. Культура указанного периода как один из факторов складывания великорусской народности. Формирование политической идеологии централизованного государства. Общественная мысль. Концепция "Москва - третий Рим". "Сказание о князьях Владимирских" как пропагандистское сочинение. Крупнейшие летописные своды. "Степенная книга". "Четьи-минеи". Житийная литература. Хронографы. Исторические повести. Публицистические произведения Ивана Пересветова. Переписка А.Курбского с Иваном Грозным. Начало

книгопечатания в России. Иван Федоров. Архитектура. Шатровое строительство. Оборонное зодчество. Живопись. Дионисий и его школа. Быт и нравы. "Домострой". Народное творчество. Влияние опричнины и Ливонской войны на состояние культуры.

Важнейшие культурные достижения в России в XVII в. Начало формирования русской нации. Смутное время и его отражение в культурных процессах. Усиление культурных связей с Западной Европой. Общественная мысль. Теоретическое обоснование самодержавия. Апология раскола ("Житие" протопопа Аввакума). Усиление светских, рационалистических и демократических элементов в культуре ("обмирщение" культуры). Распространение грамотности, развитие просвещения. Школы. Славяно-греко-латинская академия. Накопление и распространение научных знаний. Литература. Летописи. Новые литературные жанры. Сатирические и бытовые повести. Силлабическое стихосложение.

Архитектура. "Дивное узорочье". Судьба шатрового зодчества. Светские здания и храмы Москвы, Ярославля, Ростова Великого. "Нарышкинское (московское) барокко". Деревянное зодчество.

Живопись. Фрески и иконы. Появление реалистических тенденций, начало портретной живописи. Симон Ушаков.

Музыка и народный театр.

Бытовые новшества и традиционные черты. Народное творчество.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Квантовая механика**

#### **Цель дисциплины:**

- освоение студентами основ квантовой механики.

#### **Задачи дисциплины:**

- формирование базовых знаний в области аналитической механики как дисциплины, интегрирующей общеприродную и математическую подготовку студентов;
- овладение основными методами, позволяющими решать уравнения аналитической механики; решение задач, охватывающих основные приложения аналитической механики.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- основы лагранжевой механики;
- теоретические основы динамики консервативных и диссипативных систем вблизи равновесия;
- теоретические основы динамики твердого тела;
- принцип наименьшего действия и основы гамильтоновой механики;
- метод канонических преобразований и аппарат скобок Пуассона;
- метод Гамильтона-Якоби и технику разделения переменных;
- метод переменных действие-угол.

##### **уметь:**

- формулировать уравнения Лагранжа в обобщенных координатах, находить интегралы движения и с их помощью решать уравнения движения;
- вычислять период финитного движения;
- вычислять сечение рассеяния в данном центральном поле;

- находить собственные частоты и нормальные колебания систем со многими степенями свободы;
- вычислять моменты инерции твердого тела;
- переходить от лагранжиана к гамильтониану и наоборот с помощью преобразования Лежандра;
- осуществлять канонические преобразования с помощью данной производящей функции;
- вычислять скобки Пуассона;
- разделять переменные в уравнении Гамильтона-Якоби и решать с помощью метода Гамильтона-Якоби канонические уравнения движения;
- переходить к переменным действие-угол;
- вычислять адиабатические инварианты.

**владеть:**

- основными методами аналитической механики – методами Лагранжа I и II рода;
- методами интегрирования уравнений движения, принципом наименьшего действия;
- методом канонических уравнений Гамильтона, аппаратом скобок Пуассона, методом Гамильтона-Якоби решения канонических уравнений.

**Темы и разделы курса:**

1. Основы лагранжевой механики

Связи и их классификация. Возможные и виртуальные перемещения. Модель идеальных связей. Общее уравнение динамики. Уравнения Лагранжа I рода.

Обобщенные координаты. Обобщенные силы. Уравнения Лагранжа II рода. Лагранжиан. Кинетическая энергия в обобщенных координатах.

Потенциальная энергия. Сохранение полной энергии. Непотенциальные силы. Структура обобщенного потенциала. Законы сохранения энергии, импульса и момента импульса как следствия однородности времени, пространства и изотропности пространства.

Одномерное движение и интегрирование уравнений движения с помощью интегралов движения. Задача двух тел. Движение в центральном поле.

2. Физические задачи лагранжевой механики

Рассеяние частиц. Сечение рассеяния. Формула Резерфорда. Рассеяние на малые углы.

Равновесие. Устойчивость и неустойчивость. Линеаризация и малые колебания. Динамика консервативных и диссипативных систем вблизи равновесия. Вынужденные колебания и резонанс. Собственные частоты для систем со многими степенями свободы.

Движение твердого тела. Угловая скорость вращения, тензор инерции, Момент импульса твердого тела. Уравнения движения твердого тела.

Свободное вращение симметричного волчка. Углы Эйлера. Симметричный волчок с закрепленной нижней точкой в поле тяжести. Спящий волчок.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Квантовая теория**

#### **Цель дисциплины:**

- знакомство с необычными свойствами квантовых систем, обучение способам описания нерелятивистских квантовых систем, знакомство с основными методами описания релятивистских частиц.

#### **Задачи дисциплины:**

- знакомство с базовыми экспериментальными фактами в области квантовой физики, усвоение уравнений Шредингера, Паули и Дирака, описывающих квантовые явления, овладение математическими методами, позволяющими решать квантовые уравнения, решение задач, охватывающих основные приложения квантовой физики.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- численные порядки величин, характеризующие квантовые явления;
- экспериментальные основы квантовой физики;
- основные принципы квантовой механики;
- методы описания квантовых систем;
- связь собственных векторов и собственных значений операторов с наблюдаемыми и измеряемыми физическими величинами;
- основные точно решаемые модели квантовых систем;
- основные приближенные методы решения задач квантовой механики: квазиклассическое приближение, стационарную и нестационарную теорию возмущений, вариационный метод;
- методы и способы описания систем тождественных частиц в квантовой теории;
- методы описания рассеяния частиц;
- описание взаимодействия электромагнитного излучения с квантовыми системами зарядов;
- основы релятивистской квантовой теории.

**уметь:**

- находить безразмерные параметры, определяющие изучаемое явление;
- производить численные оценки по порядку величины;
- находить энергетические спектры и волновые функции в одномерных случаях;
- находить квантовомеханические средние с помощью известных волновых функций;
- применять квазиклассическое приближение для оценки уровней энергии и вероятностей прохождения сквозь потенциальные барьеры;
- 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 возможность оптических переходов между состояниями систем зарядов и оценивать времена жизни возбужденных состояний.

**владеть:**

- культурой постановки задач квантовой механики;
- основными методами решения задач квантовой механики, в частности, о нахождении собственных функций и собственных значений операторов физических величин;
- навыками теоретического анализа, моделирования и оценок свойств реальных физических систем, обладающих как дискретным, так и непрерывным спектром.

**Темы и разделы курса:****1. Волновая механика простых систем и теория рассеяния.**

Гипотеза квантов (фотонов), уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Импульс фотона и эффект Комптона. Волны де Бройля. Длина волны де Бройля для электрона. Плотность вероятности и амплитуда вероятности обнаружить частицу в заданной точке. Условие нормировки. Суперпозиция волн де Бройля (волновой пакет). Амплитуда вероятности и плотность вероятности обнаружить частицу с заданным импульсом. Волновая функция. Нормировка волновых функций на единицу и на дельта-функцию. Волна де Бройля и оператор импульса. Уравнение Шредингера. Стационарные состояния. Уравнение непрерывности для плотности вероятности и плотность тока вероятности для частицы. Одномерное финитное и инфинитное движение частицы. Принцип суперпозиции. Гамильтониан линейного гармонического осциллятора. Операторы рождения и уничтожения. Энергетический спектр линейного осциллятора. Построение собственных

функций линейного осциллятора в координатном представлении. Полиномы Эрмита. Разделение переменных в квантовой задаче двух тел. Сведение задачи двух тел к движению частицы с приведённой массой в центральном поле. Оператор орбитального момента частицы в координатном представлении. Сферические гармоники. Гамильтониан частицы в сферических координатах. Разделение переменных в центральном поле. Уравнение для радиальной функции. Гамильтониан водородоподобного атома. Атомная система единиц. Энергетический спектр и радиальные волновые функции стационарных состояний водородоподобного атома. Главное, радиальное, орбитальное и магнитное квантовые числа. Постановка задачи рассеяния. Упругое рассеяние. Амплитуда рассеяния. Сечение рассеяния. Функция Грина задачи рассеяния. Интегральное уравнение для задачи рассеяния. Приближение Борна. Метод парциальных волн. Фазы рассеяния. Резонансное рассеяние. Неупругое рассеяние. Оптическая теорема. Особенности рассеяния тождественных частиц.

## 2. Математические основы квантовой теории.

Состояния и наблюдаемые. Эрмитовы и линейные операторы. Разложение волновых функций по собственным функциям оператора физической величины. Амплитуды вероятности. Условия ортогональности для собственных функций операторов физических величин. Вычисление средних значений. Теория представлений. Векторы состояний и сопряжённые векторы состояний. Условие полноты собственных векторов оператора физической величины. Одновременно измеримые физические величины. Коммутаторы. Полный набор физических величин, описывающих квантовую систему. Соотношения неопределённости и когерентные состояния. Импульсное представление. Матричные представления: операторы-матрицы и векторы-столбцы. Унитарные преобразования векторов состояний и операторов. Матричная механика. Зависимость физических величин от времени. Оператор изменения физической величины во времени. Интегралы движения. Операторы изменения во времени координаты и импульса частицы в потенциальном поле. Коммутаторы и скобки Пуассона. Оператор эволюции. Представления Шредингера и Гейзенберга. Уравнение Гейзенберга для операторов физических величин. Пространственные сдвиги и оператор импульса. Повороты в пространстве и оператор углового момента. Орбитальный угловой момент частицы. Коммутационные соотношения для операторов углового момента. Система собственных векторов операторов углового момента. Спин частицы. Матрицы Паули.

## 3. Основы релятивистской квантовой теории.

Уравнение Клейна-Гордона. Уравнение Дирака. Градиентная инвариантность. Свободная релятивистская частица. Состояния с положительными и отрицательными энергиями. Частицы и античастицы. Уравнение Паули. Уравнение Шредингера во внешнем электромагнитном поле. Поправки второго порядка по  $v/c$ : поправка к кинетической энергии, поправка Дарвина, спин-орбитальное взаимодействие. Частица в магнитном поле. Уровни Ландау. Квантование свободного электромагнитного поля. Операторы рождения и уничтожения фотонов. Гамильтониан поля. Гамильтониан взаимодействия атома и поля. Электрическое дипольное излучение. Вероятность излучения и поглощения. Правила отбора для электрического дипольного излучения. Магнитное дипольное и электрическое квадрупольное излучения. Рассеяние фотонов.

## 4. Приближенные методы квантовой механики.

Условие применимости квазиклассического приближения. Вид волновой функции частицы в квазиклассическом приближении. Решения уравнения Шредингера в окрестности точки поворота. Условия квантования Бора-Зоммерфельда. Вероятность проникновения частицы через барьер в квазиклассическом приближении. Первое и второе приближения теории стационарных возмущений. Критерий применимости теории. Стационарное возмущение вырожденных уровней дискретного спектра. Волновые функции нулевого приближения. Секулярное уравнение. Эффект Штарка в атоме водорода. Нестационарное возмущение дискретного спектра. Переходы под влиянием возмущения, действующего в течение конечного времени. Адиабатические и внезапные возмущения. Переходы под действием периодического возмущения в дискретном и непрерывном спектрах. Правило Ферми. Распад квазистационарных состояний. Спин-орбитальное взаимодействие. Сложение моментов. Коэффициенты Клебша-Гордана. Полный угловой момент. Симметрии волновой функции тождественных частиц. Бозоны и фермионы. Детерминант Слэтера. Принцип Паули. Атом гелия. Координатные и спиновые функции двух электронов. Вариационный принцип, вычисление энергии основного состояния. Метод Хартри-Фока. Приближение центрального поля. Интегралы движения в сложных атомах. Термы. Правила Хунда. LS-связь. Тонкая структура уровней. Правило интервалов Ланде. Эффекты Зеемана и Пашена-Бака. Парамагнетизм и диамагнетизм атомов.

## Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии

### Кратные интегралы и теория поля

#### Цель дисциплины:

- формирование базовых знаний по математическому анализу 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 математическому анализу;
- формирование общематематической культуры: умение логически мыслить, проводить доказательства основных утверждений, устанавливать логические связи между понятиями;
- формирование умений и навыков применять полученные знания для решения аналитических задач, самостоятельного анализа полученных результатов.

#### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### знать:

- определение и свойства тензоров и внешних форм, тензорные операции, тензорный закон преобразования координат;
- определение и основные свойства дифференциальных форм, криволинейных и поверхностных интегралов от форм, внешнего дифференциала формы, общую теорему Стокса;
- свойства ротора и дивергенции векторного поля, классические формулы Грина, Стокса и Остроградского – Гаусса; основные свойства функциональных рядов и несобственных интегралов, зависящих от параметров, теоремы о равномерной сходимости и аналитические свойства равномерно сходящихся рядов и интегралов;
- теорему о сходимости степенных рядов, теорему Коши – Адамара, свойства аналитических функций; теоремы о сходимости и равномерной сходимости рядов Фурье, теорему Фейера, теоремы Вейерштрасса о приближении функций многочленами; свойства преобразования Фурье;

- теорему обращения преобразования Фурье; определение, основные свойства и примеры обобщенных функций.

**уметь:**

- осуществлять основные операции с тензорами и внешними формами, вычислять их координаты; находить криволинейные и поверхностные интегралы от дифференциальных форм, вычислять внешний дифференциал, пользоваться формулой Стокса;

- находить дивергенцию и ротор векторного поля; исследовать функциональные ряды и несобственные интегралы, зависящие от параметров, на поточечную и равномерную сходимость;

- вычислять радиус сходимости степенного ряда, разлагать функцию в ряд Фурье и исследовать его сходимость, вычислять преобразование Фурье, находить производные обобщенных функций.

**владеть:**

- тензорной алгеброй для ее применения в анализе и физике, аппаратом дифференциальных форм, криволинейных и поверхностных интегралов и внешних производных и его приложениями в дифференциальных уравнениях и теоретической физике,

- теорией функциональных рядов и несобственных интегралов, гармоническим анализом и первыми понятиями теории обобщенных функций, их приложениями.

**Темы и разделы курса:**

1. Тензорная алгебра и векторный анализ.

Тензорные произведения линейных пространств. Универсальность тензорного умножения. Общие тензорные операции. Линейные отображения и полилинейные функции как примеры тензоров.

Тензоры типа  $(p,q)$ . Операции над тензорами. Тензорный закон преобразования координат.

Внешние формы. Внешнее умножение форм и его свойства.

Внешние формы в евклидовых пространствах. Скалярное умножение тензоров и внешних форм. Детерминант и объем ориентированного параллелепипеда.

Оператор Ходжа и его свойства.

Тензоры в физике и механике.

Криволинейные и поверхностные интегралы как интегралы от дифференциальных форм. Дифференциальные формы на кривых, поверхностях и в областях трехмерного евклидова пространства. Ограничение форм.

Интегрирование и внешнее дифференцирование форм. Формула Стокса.

Связь дифференциальных форм с векторными полями. Дивергенция и ротор, поток и циркуляция поля. Классические формулы Грина, Стокса и Остроградского – Гаусса.

## 2. Функциональные пространства и обобщенные функции.

Нормированные бесконечномерные пространства. Сходимость. Линейно независимые и полные системы.

Функциональные пространства и полные системы функций. Полные и неполные пространства.

Евклидовы пространства. Норма в евклидовом пространстве. Тождество параллелограмма.

Ортогональные системы. Ортогонализация.

Наилучшее приближение вектора евклидова пространства линейной комбинацией векторов ортогональной системы. Неравенство Бесселя. Полнота ортогональной системы. Равенство Парсеваля. Замкнутые ортогональные системы. Полные евклидовы пространства и свойства ортогональных систем в них. Изоморфизм евклидовых пространств.

Полнота системы алгебраических и тригонометрических многочленов в пространстве  $Q$ .

Пространство  $D$ . Обобщенные функции. Примеры. Регулярные и сингулярные обобщенные функции.

Производные обобщенных функций.

Пространство Шварца. Обобщенные функции умеренного роста. Преобразование Фурье обобщенных функций умеренного роста.

## 3. Функциональные ряды и несобственные интегралы, зависящие от параметров. Степенные ряды, ряды Фурье и преобразование Фурье.

Функциональные ряды. Поточечная и равномерная сходимость.

Признаки равномерной сходимости. Свойства равномерно сходящихся функциональных рядов.

Несобственные интегралы, зависящие от параметров. Поточечная и равномерная сходимость.

Признаки равномерной сходимости. Аналитические свойства равномерно сходящихся интегралов. В- и Г- функции.

Степенные ряды. Радиус сходимости. Формула Коши – Адамара. Аналитические функции.

Ряды Фурье. Теоремы о сходимости рядов Фурье. Теорема Фейера.

Теоремы Вейерштрасса о приближении непрерывных функций многочленами.

Преобразование Фурье. Формула обращения. Свойства преобразования Фурье.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Лабораторный практикум по природоподобным технологиям**

#### **Цель дисциплины:**

- ознакомить студентов с экспериментальными методами исследования структуры, состава и свойств сложных физических и биологических систем путем проведения измерений на современном оборудовании Ресурсных центров Курчатовского комплекса НБИКС-технологий Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

#### **Задачи дисциплины:**

- освоение техники проведения измерений;
- обработки результатов и анализа полученных данных в следующих экспериментальных методах: рентгеновская дифракция, рентгено-флуоресцентный анализ;
- просвечивающая электронная микроскопия, растровая электронная микроскопия, дифференциальная сканирующая калориметрия, определение гидрофильности и гидрофобности поверхности.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- основные положения разделов общей физики – классической механики, термодинамики и молекулярной физики;
- классической электродинамики, оптики, атомной и ядерной физики;
- базовые принципы квантовой механики;
- основы неорганической и биоорганической химии.

##### **уметь:**

- проводить измерения и обрабатывать их результаты;
- устанавливать связи между наблюдаемыми явлениями и математическими моделями, описывающими эти явления.

**владеть:**

- математическими методами обработки результатов измерений.

**Темы и разделы курса:****1. Рентгеноструктурный анализ поликристаллических образцов.**

Дифракция рентгеновских лучей. Формула Брэгга. Минимальная длина атомной решетки, которая может быть разрешена методом дифракции при фиксированной длине волны рентгеновского излучения. Рефлексы, порядок рефлекса. Типы кристаллических решеток. Роль толщины кристалла в определении параметра решетки. Устройство рентгеновского дифрактометра Bruker 8 Advance.

**2. Рентгено-флуоресцентный анализ.**

Принципы рентгено-флуоресцентного анализа. Спектры излучения известных элементов (Mg, Al, Cu, W, Pb, Bi) и диаграммы Мозли. Определение неизвестных элементов в образцах (качественный анализ). Устройство рентгеновского флуоресцентного спектрометра S4 Pioneer фирмы Bruker AXS, предназначенного для определения элементного состава различных материалов. Качественный и количественный элементный анализ всех элементов от углерода до урана в пробах, находящихся в порошкообразном, твердом и жидком состояниях.

**3. Просвечивающая электронная микроскопия.**

Дифракционный предел. Дифракция электронов на кристаллической решетке. Теоретические основы просвечивающей электронной микроскопии. Компоненты просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ). Методы подготовки образцов для измерений на ПЭМ. Информация об образце, извлекаемая из полученных экспериментальных данных. Режимы работы ПЭМ, формирование контраста. Методы визуализации. Устройство электронно-ионного микроскопа Helios.

**4. Растровая электронная микроскопия.**

Назначение растрового электронного микроскопа (РЭМ). Пространственное разрешение, диапазон увеличений РЭМ. Принципы работы и схема РЭМ. Виды взаимодействий электронов с веществом, генерирующие различные сигналы, содержащие информацию о топографии и материале образца. Режимы работы и регистрация изображений в РЭМ. Подготовка образцов для работы с РЭМ. Устройство и характеристики современного микроскопа просвечивающего растрового электронного Titan 80-300.

**5. Дифференциальная сканирующая калориметрия: исследование тепловых эффектов, сопровождающих фазовые и релаксационные переходы.**

Виды термического анализа вещества: дифференциальный термический анализ (ДТА), дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК), термогравиметрический анализ (ТГА), термомеханический анализ (ТМА). Характеристики вещества, которые можно измерять с помощью различных видов термического анализа. Условия, при которых реализуются виды термического анализа. Устройство дифференциального сканирующего калориметра Perkin Elmer DSC 8500.

**6. Изучение параметров гидрофильности и гидрофобности поверхности.**

Процессы, происходящие на поверхности твердых тел. Гидрофильные и гидрофобные материалы. Иммерсионное и контактное смачивание поверхности. Поверхностное натяжение. Краевой угол смачивания поверхности, методы его измерения. Определение краевых углов смачивания с помощью системы анализа формы капли KRUSS DSA30E. Методы оценки формы капли.

#### 7. СКВИД-магнитометр.

Знакомство с устройством и принципом работы СКВИД-магнитометра

#### 8. Система измерения характеристик полупроводников Keithley 4200.

Изучение статических характеристик биполярного транзистора

#### 9. Дифференциальный сканирующий калориметр Perkin Elmer DSC 8500.

Дифференциальная сканирующая калориметрия: исследование тепловых эффектов, сопровождающих фазовые и релаксационные переходы

#### 10. ИК-Фурье спектрометр Nicolet iS5.

Изучение состава и структуры полимерных материалов методом ИК-спектроскопии

#### 11. ЯМР спектрометр.

Определение динамической структуры белка методом ЯМР спектроскопии

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Линейная алгебра**

#### **Цель дисциплины:**

- освоение студентами фундаментальных знаний в области линейной алгебры и аналитической геометрии, изучение способов решения задач методами линейной алгебры и аналитической геометрии.

#### **Задачи дисциплины:**

- формирование базовых знаний в области линейной алгебры и аналитической геометрии как дисциплины, интегрирующей общематематическую подготовку прикладных математиков и физиков и обеспечивающей технологические основы современных инновационных сфер деятельности;

- обучение студентов принципам применения основных понятий линейной алгебры.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- основы теории линейных пространств, определения и свойства подпространств, их базисов, суммы и пересечения, метод Гаусса решения систем линейных уравнений, свойства сложения и умножения матриц, определение и свойства ранга и определителя матрицы, свойства комплексных чисел;

- определение линейного отображения, свойства его ядра и образа, определение и свойства собственных значений, собственных и корневых векторов, теорему о жордановой форме оператора, определение и свойства билинейных и квадратичных форм;

- теорему о каноническом виде квадратичной формы, закон инерции, определение знакоопределенной и знакопеременной формы, критерий Сильвестра;

- определение евклидова пространства, основы многомерной евклидовой геометрии, свойства самосопряженных, унитарных и ортогональных операторов, свойства билинейных и квадратичных форм в евклидовых пространствах.

##### **уметь:**

- решать системы линейных уравнений, находить базисы и размерности подпространств, их сумм и пересечений, выписывать матрицу линейного оператора, находить собственные значения и собственные векторы;
- приводить матрицу оператора к жордановой форме, находить канонический вид квадратичной формы, исследовать форму на - знакоопределенность;
- определять канонический вид ортогонального, унитарного и самосопряженного оператора, приводить квадратичную форму к главным осям ортогональным преобразованием.

**владеть:**

- аппаратом матриц и линейных уравнений и его приложениями;
- методами теории линейных операторов и квадратичных форм.

**Темы и разделы курса:**

1. Аналитическая геометрия и векторная алгебра.

Основные понятия линейной алгебры и аналитической геометрии. Система координат, координатное пространство.

2. Билинейные и полуторалинейные формы.

Билинейные и квадратичные формы. Симметричные, кососимметричные и эрмитовы формы. Ортогональность в смысле форм. Ядро и невырожденность (косо)симметричной формы. Разложение пространства в прямую сумму подпространств, ортогональных в смысле форм. Метод Лагранжа приведения к сумме квадратов. Теорема Якоби. Положительно и отрицательно определенные формы. Критерий Сильвестра.

3. Билинейные и полуторалинейные формы в евклидовых пространствах.

Билинейные и квадратичные формы в евклидовых пространствах. Приведение к каноническому и нормальному видам пары форм, одна из которых знакоопределённая.

Главные оси и собственные числа.

4. Евклидовы и унитарные пространства.

Евклидовы пространства. Определение и примеры. Неравенства Коши--Буняковского и треугольника. Ортонормированные базисы. Ортогонализация Грама--Шмидта. Подпространства и ортогональные дополнения. Изоморфизм евклидовых пространств. Матрица Грама. Объём  $n$ -мерного параллелепипеда. Унитарные пространства. Билинейные, полуторалинейные и эрмитовы формы. Эрмитово скалярное произведение. Подпространства и ортогональные дополнения.

5. Кривые второго порядка на плоскости.

Квадратичная форма кривой второго порядка. Приведение формы к каноническому виду. Классификация кривых второго порядка. Эллиптический, гиперболический и параболический случаи.

## 6. Линейные отображения линейных пространств.

Линейные операторы, определение и свойства. Ядро и образ. Ядро и образ оператора. Матрица оператора, ее изменение при замене базисов. Изоморфизм линейных пространств. Линейные операции над отображениями, композиция (произведение) операторов. Линейные операторы, действующие в одном пространстве.

Характеристический многочлен. Характеристическое уравнение, собственные числа и собственные векторы. Условия приведения матрицы оператора к диагональному виду. Аннулирующие многочлены. Теорема Гамильтона--Кэли.

## 7. Линейные пространства.

Линейные подпространства, примеры и свойства. Пересечение и сумма подпространств, их свойства. Прямая сумма подпространств. Теорема о размерности суммы двух подпространств.

## 8. Матрицы и системы линейных уравнений.

Матрицы и векторы. Сложение и умножение на число, свойства линейных операций. Линейная зависимость матриц. Умножение матриц, его свойства. Матричная запись системы линейных уравнений.

## 9. Операторы в евклидовых и унитарных пространствах.

Сопряженный оператор и его свойства. Самосопряжённые операторы. Собственные значения и собственные векторы самосопряжённых операторов.

Приведение матрицы самосопряжённого оператора к диагональному виду.

Ортогональные и унитарные преобразования. Собственные значения и собственные векторы ортогональных и унитарных преобразований.

Канонический вид матриц ортогональных и унитарных преобразований.

## 10. Поверхности второго порядка в пространстве.

Квадратичная форма поверхности второго порядка. Приведение формы к каноническому виду. Классификация поверхностей второго порядка.



## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Многомерный анализ, интегралы и ряды**

#### **Цель дисциплины:**

- обучение основам математического анализа для формирования у студентов представления о математике как особом методе познания природы, осознания общности математических понятий и моделей, приобретения навыков логического мышления и оперирования абстрактными математическими объектами; воспитание высокой математической культуры.

#### **Задачи дисциплины:**

- добиться четкого, ясного понимания основных объектов исследования и понятий анализа;
- продемонстрировать возможности методов анализа для решения задач фундаментальной и прикладной математики;
- привить точность и обстоятельность аргументации в математических рассуждениях;
- сформировать высокий уровень математической культуры, достаточный для понимания и усвоения последующих курсов по непрерывной и дискретной математике;
- способствовать: подготовке к ведению исследовательской деятельности (в частности, для написания курсовой и выпускной квалификационной работ) в областях, использующих математические методы; созданию и использованию математических моделей процессов и объектов; разработке эффективных математических методов решения задач естествознания, техники, экономики и управления;
- развивать умение самостоятельной работы с учебными пособиями и другой научной и математической литературой.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- основные свойства отображений метрических пространств, линейных нормированных пространств;
- признаки сходимости числовых рядов и несобственных интегралов;
- условия дифференцируемости функций многих переменных, существование и дифференцируемость обратного отображения;

- достаточные условия существования экстремума на гладких поверхностях;
- условия существования кратного интеграла, замену переменных в кратном интеграле и методы сведения кратного интеграла к повторному.

**уметь:**

- исследовать свойства отображений метрических пространств;
- дифференцировать функцию многих переменных;
- исследовать сходимость числовых рядов и несобственных интегралов;
- находить экстремумы функции многих переменных, вычислять кратные интегралы.

**владеть:**

- основными определениями сходимости интегралов и рядов;
- дифференцируемости функции многих переменных;
- навыками представления функции формулой Тейлора;
- методами поиска экстремума функции многих переменных;
- навыками сведения кратного интеграла к повторному.

**Темы и разделы курса:**

1. Дифференцируемое отображение конечномерных нормированных пространств.

Дается определение дифференцируемых отображений, вводится понятие полных производных, дифференциала. Рассматриваются достаточные условия дифференцируемости, условия существования и дифференцируемости обратного отображения, условия существования и дифференцируемости неявного отображения. Выводится формула Тейлора для функции многих переменных. Рассматриваются вопросы экстремума функции на гладких поверхностях в конечномерных нормированных пространствах.

2. Кратные интегралы.

Формулируется понятие  $n$ -того объема. Дается определение  $n$ -кратного интеграла и формулируются достаточные и необходимые условия интегрируемости по Риману функции многих переменных. Рассматриваются свойства  $n$ -кратного интеграла. Доказывается теорема о сведении кратного интеграла к повторному. Доказывается теорема о замене переменных в  $n$ -кратном интеграле.

3. Метрические и конечномерные линейные нормированные пространства.

Рассматриваются такие фундаментальные понятия как компактность, полнота, норма. Непрерывность и равномерная непрерывность отображения метрических и нормированных конечномерных пространств.

#### 4. Несобственные интегралы.

Вводится понятие несобственного интеграла, дается определение сходимости несобственного интеграла, рассматриваются необходимые и достаточные условия абсолютной и условной сходимости интегралов.

#### 5. Числовые ряды.

Рассматриваются понятия числового ряда, способы суммирования рядов, достаточное и необходимое условие сходимости рядов.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Многоуровневое квантовомеханическое моделирование физических систем**

#### **Цель дисциплины:**

- ознакомление студентов с современными подходами к описанию систем многих частиц основанными, в большей части, на квантово-механическом рассмотрении таких систем, а также классическом рассмотрении систем в случаях, когда последние применимы. Системы многих частиц включают разнообразные объекты. Это атомы, молекулы, включая биомолекулы, нано-кластеры и нано-структуры. При этом, описание таких структур на атомистическом уровне включает как описание собственно структур, так и описание взаимодействия между ними, например, взаимодействия поверхности с веществом. Системы многих частиц будут рассматриваться, в большинстве случаев, как системы находящиеся в стационарных состояниях, а динамическому описанию будет уделена небольшая часть курса.

#### **Задачи дисциплины:**

- научить студентов, исходя из микроскопической модели строения вещества, пользуясь квантово-механическими методами, рассчитывать физико-химические свойства систем многих частиц, например, энергетические характеристики, спектроскопические, энтальпии образования, электростатический потенциал и другие.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- приближения, позволяющие разделять ядерные и электронные переменные в уравнение Шрёдингера, область их применимости, колебания и вращения систем многих частиц;
- представление многоэлектронных антисимметричных волновых функции рядами по детерминантам Слэтера, функционал энергии многоэлектронной системы;
- вариационный принцип в нерелятивистской квантовой механике, уравнение Хартри-Фока, Хартри и метод самосогласованного поля, принцип заполнения орбиталей электронами, теореме Купманса;
- классификацию электронных состояний молекулярных систем, и их электронных оболочек, корреляционные свойства полной волновой функции и орбиталей;

- правила Слэтера вычисления матричных элементов между детерминантами, теорему Бриллюэна;
- многоконфигурационные волновые функции, натуральные орбитали, определение корреляционной энергии, описание Фермиевской дырки, статическую и динамическую корреляцию;
- метод конфигурационного взаимодействия, многоконфигурационный метод самосогласованного поля, теорию возмущений Мёллера-Плессета;
- теорию функционала плотности, теорему и вариационный принцип Хохэнберга-Кона, уравнение Кона-Шама, приближение локальной плотности и известные функционалы;
- одно и двухэлектронную функцию плотности, представление функционала энергии через функции плотности, анализ заселённости молекулярных орбиталей;
- приближение линейной комбинации атомных орбиталей, включая полноту наборов базисных функций и сходимость к точным решениям;
- типы базисных функций для неэмпирических расчётов, их классификацию, наборы атомных базисных функций, часто используемые в неэмпирических расчётах, базисную суперпозиционную ошибку и методы её коррекции;
- метод псевдопотенциала, теорему Гельмана-Феймана, теорему вириала;
- вычислительную сложность неэмпирических методов, теорию ССП итераций и методы ускорения их сходимости;
- методы оптимизации геометрии молекулярных систем;
- вычисление собственных значений матриц степенным методом, методом обратных итераций со сдвигом, методом итераций с отношением Релея, методом ортогонального проектирования, методами подпространства Крылова.

**уметь:**

- оценивать возможность применения адиабатического приближения и приближения Борна-Оппенгеймера при описании многоэлектронных систем;
- оценивать возможности теоретического исследования многоэлектронных систем различными квантовомеханическими и полуэмпирическими методами;
- оценивать необходимость применения многоконфигурационных волновых функций для описания многоэлектронных систем;
- использовать теорему Купманса для оценки потенциалов ионизации многоэлектронных систем.

**владеть:**

- основными методами теории электронной структуры систем многих частиц

- методом Хартри-Фока, методами теории функционала плотности, методом конфигурационного взаимодействия, многоконfigurационным методом самосогласованного поля, методами теории возмущений;

- методами молекулярной динамики, описывающими динамику поведения систем многих частиц.

### **Темы и разделы курса:**

1. Другие приближения и методы, необходимые для описания многоэлектронных систем.

Одно- и двухэлектронная функция плотности. Бесспиновые функции плотности. Выражение средних значений операторов через электронные функции плотности. Представление функционала энергии через одно- и двухэлектронные функции плотности. Электронные функции плотности для однодетерминантной волновой функции, включая случай замкнутых оболочек. Анализ заселённости молекулярных орбиталей.

Приближение линейной комбинации атомных орбиталей (ЛКАО). Полнота наборов базисных функций в пространствах Гильберта и Соболева и сходимости к точным решениям. Метод Хартри-Фока для замкнутой и открытой оболочки в приближении ЛКАО. Неограниченный метод Хартри-Фока.

Типы базисных функций для неэмпирических расчётов многоэлектронных систем. Классификация наборов базисных функций. Базисные функции гауссова типа. Поляризационные, диффузные и присоединённые функции. Примеры наборов базисных функций разных типов. Атомные базисные функции часто используемые в расчётах.

Базисная суперпозиционная ошибка и методы её коррекции. Метод псевдопотенциала. Теорема Гельмана-Феймана. Теорема вириала. Полуэмпирические методы. Точность и надёжность квантово-механических методов. Методы молекулярной механики. Методы молекулярной динамики.

2. Описание многоэлектронных систем в рамках метода Хартри-Фока.

Вариационный принцип в нерелятивистской квантовой механике и метод неопределённых множителей Лагранжа. Уравнение Хартри-Фока и Хартри. Метод самосогласованного поля.

Принцип заполнения орбиталей электронами. Теорема Купманса. Классификация молекулярных орбиталей. Электронные состояния молекул. Электронные оболочки атомов и молекул. Волновые функции системы для состояний с замкнутыми и открытыми оболочками. Уравнение Хартри-Фока для состояний с замкнутыми оболочками. Ограниченный и неограниченный методы Хартри-Фока. Локализованные МО и принципы их локализации. Виртуальные орбитали в методе Хартри-Фока и их физический смысл. Корреляционные свойства полной волновой функции, молекулярных орбиталей и орбитальных энергий. Многоэлектронные спиновые волновые функции.

3. Описание многоэлектронных систем корреляционными методами.

Правила Слэтера вычисления матричных элементов между детерминантными волновыми функциями. Теорема Бриллюэна. Многоконфигурационные (многодетерминантные) волновые функции и размерность конфигурационного пространства. Натуральные орбитали. Корреляционная энергия. Фермиевская дырка. Статическая и динамическая корреляции. Метод конфигурационного взаимодействия и его вычислительная схема. Многоконфигурационный метод самосогласованного поля. Теория возмущений Мёллера-Плессетта.

Модель Томаса-Ферми. Теория функционала плотности, теорема и вариационный принцип Хохэнберга-Кона, уравнение Кона-Шама, приближение локальной плотности и известные функционалы.

Неэмпирические композитные методы. Теоретическая термохимия.

#### 4. Основные положения квантово-механического описания систем многих частиц.

Адиабатическое приближение и приближение Борна-Оппенгеймера, их применимость. Выход за рамки адиабатического приближения. Колебания и вращения двух- и многоатомных молекул.

Многоэлектронные антисимметричные волновые функции. Одноэлектронные волновые функции. Матричные элементы одно- и двухэлектронных операторов. Функционал энергии многоэлектронной системы.

#### 5. Основные численные методы неэмпирических вычислений.

Вычислительная сложность неэмпирических методов. Теория ССП итераций. Метод динамического сдвига уровней. Оптимизация геометрии молекулярных систем. Преобразование двухэлектронных интегралов из базиса АО в базис МО. Экстраполяция в итерационных методах. Линейные и линейные проекционные методы экстраполяции. Вычисление двух-электронных отталкивательных интегралов с сгруппированными гауссовыми функциями.

Собственные значения и собственные векторы матриц. Приведение обобщённой задачи на собственные значения к задаче на собственные значения матрицы с использованием унитарного (ортогонального) разложения и преобразования Холецкого. Вычисление собственных значений матриц степенным методом, методом обратных итераций со сдвигом, методом итераций с отношением Релея, методом ортогонального проектирования. Метод исчерпывания для вычисления всех собственных значений. Методы подпространства Крылова и обзор современных итерационных методов нахождения экстремальных собственных значений симметричных матриц большой размерности.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Молекулярная биология**

#### **Цель дисциплины:**

- освоение студентами фундаментальных знаний в области молекулярной биологии, изучение механизмов передачи и реализации наследственной информации в живых системах, основных методов проведения молекулярно-биологических исследований, а также аспектов их практического применения.

#### **Задачи дисциплины:**

- формирование базовых знаний в области молекулярной биологии как дисциплины, интегрирующей общую биологическую и химическую подготовку физиков и обеспечивающей технологические основы современной инновационной деятельности в области биотехнологии и биоинженерии;
- обучение студентов принципам функционирования биологических систем на молекулярном уровне, исследования и создания молекулярно-биологических систем, выявление особенностей их структуры и функционирования;
- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области молекулярной биологии 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 молекулярной биологии в научных исследованиях;
- современные проблемы биологии, генетики, клеточной и молекулярной биологии;
- современные модели основных биологических процессов и явлений и их приложения;
- принципы строения и функционирования клетки на молекулярном уровне;
- современные модели и представления об основных процессах и механизмах реализации генетической информации в клетках прокариот и эукариот;
- основные принципы регуляции реализации генетической информации в живых клетках;
- механизмы основных генетических процессов: репликации, транскрипции и трансляции;
- новейшие открытия биохимии, генетики и молекулярной биологии;

- постановку проблем в области проведения биохимических и молекулярно-биологических исследований;
- о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

**уметь:**

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- представить панораму универсальных методов и подходов современной молекулярной биологии;
- работать с современными источниками информации по молекулярно-биологической проблематике;
- планировать оптимальное проведение эксперимента.

**владеть:**

- актуальной научной картиной мира;
- основными теоретическими концепциями и экспериментальными подходами в современной молекулярной биологии;
- навыками самостоятельной работы по освоению современных научных знаний в области молекулярной биологии;
- сведениями об актуальных биологических исследованиях.

**Темы и разделы курса:**

1. Биосинтез белка. Рибосомы.

Структура рибосом. Локализация рибосом в клетке. Прокариотический и эукариотический типы рибосом; 70S и 80S рибосомы. Морфология рибосом. Подразделение на субчастицы (субъединицы); диссоциация. Тонкая морфология субчастиц. Рибосомные белки: разнообразие, разделение, номенклатура, особенности структуры. Разборка («раздевание») субчастиц и самосборка. Структура рибосомных РНК. Вторичная структура: формирование коротких двойных спиралей за счет взаимодействия смежных участков внутри цепи. А-форма двойной спирали РНК. Принцип комплементарности и отклонения от него. «Дефекты» коротких двойных спиралей и отклонения от двуспиральной структуры. «Гетралупы». Псевдоузлы. Тройные взаимодействия. Третичная структура: компактное сворачивание полирибонуклеотидной цепи, дальние комплементарные взаимодействия, спираль-спиральные взаимодействия, формирование крупных доменов.

Эпцикл трансляции: инициация, элонгация и терминация. Полирибосома. Сопряженная транскрипция-трансляция у прокариот. Рабочий элонгационный цикл рибосомы; три основных этапа цикла. Локализация функциональных центров рибосомы. А, Р и Е участки связывания тРНК. Полярность считывания матрицы (мРНК) в ходе трансляции.

Элонгация трансляции: Участие факторов элонгации EF1 (EF-Tu) в связывании аминоацил-тРНК с рибосомой. Структура EF1 (EF-Tu), его взаимодействия с ГТФ и ГДФ и его структурные переходы («закрытая» и «открытая» конформации). Связывание аминоацил-тРНК комплексом EF1 (EF-Tu) с ГТФ, образование тройственного комплекса. EF1 (EF-Tu) как катализатор этапа связывания аминоацил-тРНК. Роль гидролиза ГТФ в процессе связывания. Фактор элонгации EF1B (EF-Ts), его функция, последовательность реакций с его участием.

Транспептидация. Химия реакции. Пептидил-трансферазный центр большой рибосомной субчастицы; рибозимный катализ. Тетраэдрический интермедиат реакции транспептидации, стереохимия его образования и распада.

Транслокация: Участие фактора элонгации EF2 (EF-G) с ГТФ. Доменная структура EF-G; особенности домена IV. «Молекулярная мимикрия» (сходство EF-G с комплексом EF-Tu:Aa-tRNA. «Энзиматическая» и «неэнзиматическая» (бесфакторная) транслокация. Основные следствия открытия бесфакторной транслокации: транслокация как свойство рибосомы, термодинамическая спонтанность транслокации, каталитическая функция EF-G, зависимость конформационного катализа от ГТФ.

Инициация трансляции у прокариот: Функциональное назначение инициации трансляции. Участники процесса инициации. Основные этапы процесса инициации. Инициация трансляции у прокариот: факторы инициации, инициаторные кодоны, 3'-конец РНК малой рибосомной субчастицы и последовательность Шайна- Дальгарно в мРНК; «сила» мРНК. Независимая инициация и трансляционное сопряжение (индуцированная инициация и скольжение-реинициация) на полицистронных мРНК прокариот.

Терминация трансляции: Терминирующие кодоны. Белковые факторы терминации прокариот и эукариот; два класса факторов терминации. Узнавание терминирующего кодона фактором терминации 1-го класса в А-участке рибосомы. Индукция гидролиза сложноэфирной связи пептидил-тРНК в пептидил-трансферазном центре. Эвакуация деацилированной тРНК из Р-участка и факторов терминации из А-участка с участием факторов терминации 2-го класса и ГТФ/ГДФ. Фактор освобождения рибосом (RRF, RF4) прокариот.

## 2. Введение. Основы строения и функционирования живых организмов.

Свойства живых организмов. Принципы организации клеток. Химические основы живых клеток. Генетические основы функционирования живых систем. Современные представления о возникновении жизни на Земле. Возможности существования предбиологических систем и жизни на других планетах.

Виды слабых взаимодействий в водных растворах. Аминокислоты: строение. Протеиногенные аминокислоты. Модифицированные аминокислоты. Кислотно-основные свойства аминокислот. Белки и пептиды. Вторичная и третичная структура белков.

## 3. Процессы репарации генетических повреждений.

Мутации и мутагены. Определения. Мутационная теория Г. Де Фриза. Различные классификации мутации (по факторам вызывающим мутации, по размерам сегментов подвергаемых мутациям, по влиянию на экспрессию генов). Основные источники мутаций

– ошибки репликации и мутагенные воздействия. Ионизирующие излучения, химические мутагены, перекиси и активные формы кислорода, аналоги нуклеотидов, интеркалирующие агенты. «Скрытые мутагены» и их метаболическая активация. Эндогенные мутагены.

Классификация типов репарации. Прямая репарация тиминовых димеров (фотореактивация) и метилированного гуанина. Непрямая репарация. Base excision repair

(BER): Вырезание оснований. Гликозилазы. Урацилгликозилаза. “Внеспиральное узнавание” оснований ферментами репарации. Nucleotide excision repair (NER): Вырезание (эксцизия) поврежденных нуклеотидов. Комплекс ферментов, осуществляющих эксцизионную репарацию. Механизм репарации, направленной на исправление активно транскрибируемых генов. Mismatch repair (MMR): Механизм репарации неспаренных нуклеотидов. Выбор репарируемой нити ДНК. Пострепликативная (рекомбинационная) репарация: Структура Холлидея, обмен одноцепочечными участками, роль белка RecA. Репарация двухнитевых разрывов: гомологичная пострепликативная рекомбинация и объединение негомологичных концов молекулы ДНК. Сигналы, обеспечивающие репарацию двухнитевых разрывов и задержку репликации ДНК до завершения репарации.

SOS-репарация. Свойства ДНК полимераз, участвующих в SOS-репарации (ДНК-мутазы) у прокариот и эукариот. Представление об “адаптивных мутациях” у бактерий.

#### 4. Регуляция транскрипции у прокариот. Бактериофаги.

Регуляция транскрипции у бактерий. Негативная и позитивная регуляция инициации транскрипции. Лактозный оперон. CAP-белок. Регуляция на уровне терминации транскрипции - аттенуация и антитерминация. Регуляция экспрессии триптофанового оперона. Антитерминация на примере белков N и Q фага лямбда. Регуляция транскрипции в развитии фага лямбда. Принципы аутогенной регуляции и кооперативности на примере регуляции экспрессии репрессора фага лямбда. Регуляция транскрипции на примере T-четных фагов – подавление транскрипции клеточного генома, три группы фаговых генов: ранние, средние, поздние. “Рибопереключателы” и их разнообразие. Понятие об аптамерах, SELEX.

#### 5. Репликация ДНК.

Репликация ДНК у бактерий. Основные принципы репликации: однонаправленность синтеза, использование праймеров, полуконсервативность процесса, прерывистость синтеза – отстающая и лидирующая цепи. Полимеразы, участвующие в репликации, характеристика их ферментативных активностей. Точность воспроизведения ДНК. Роль стерических взаимодействий между парами оснований ДНК при репликации. Полимеразы I, II и III E.coli. Субъединичный состав полимеразы III. Понятие о процессивности ДНК полимераз.

ДНК-лигазы. Механизм работы. Лигазы, как пример ферментов, использующих энергию гидролиза АТФ для создания хим. связей.

Геликазы, как пример ферментов, использующих энергию гидролиза АТФ для катализа конформационных переходов.

ДНК-топоизомеразы. Кольцевые молекулы ДНК и понятие о сверхспирализации ДНК. Параметры сверхспирализованной и конформационные переходы в сверхспирализованной молекуле ДНК. Топоизомеры ДНК. Топоизомеразы и их типы. Механизмы действия топоизомераз. ДНК-гираза бактерий.

Праймазы. Структура участка старта репликации (origin, ori). Структурные переходы ДНК в районе старта репликации. Репликатор. Понятие о репликоне. Роль метилирования ДНК в регуляции репликации. Регуляция инициации репликации у *E.coli*.

Динамика репликации. Репликативная вилка в целом, “ведущая” и “отстающая” нити при репликации. Фрагменты Оказаки. Координации синтеза ДНК на комплементарных нитях. Комплекс белков в репликационной вилке.

Терминация репликации у бактерий. Расхождение ori хромосом перед делением бактериальной клетки.

#### 6. Созревание мРНК в клетках эукариот. Сплайсинг.

Процессинг РНК. Кепирование, сплайсинг и полиаденилирование транскриптов, синтезируемых полимеразой II. Механизмы сплайсинга. Роль малых ядерных РНК и белковых факторов. Сплайсосома. Альтернативный сплайсинг, примеры. Энхансеры сплайсинга. Каскады альтернативного сплайсинга и регуляция половой дифференцировки у дрозофилы. Биологическая роль альтернативного сплайсинга, примеры. Роль белков, связывающихся с РНК-полимеразой на промоторе, в определении специфичности сплайсинга. Сплайсинг и его роль в определении специфичности функционирования мРНК в цитоплазме. “Контроль качества” пре-мРНК в ядре. Сопряжение транскрипции, сплайсинга и транспорта РНК из ядра в цитоплазму. Транс-сплайсинг, его распространение. “Самосплайсинг”. Интроны групп 1 и 2. Интроны группы 1 как рибозимы.

#### 7. Строение и свойства нуклеиновых кислот.

История доказательства генетической функции ДНК. Опыты Эвери, Херши и Чейз. Правила Чаргаффа. Расшифровка структуры ДНК.

Строение ДНК. Физические свойства молекулы ДНК. Компоненты химической структуры ДНК: азотистые основания, нуклеозиды, нуклеотиды. Изомерия, таутомерия, конформационные переходы нуклеотидов. Конформационные формы ДНК А, В, и Z, их физические параметры. Неканоническая H-форма ДНК. Комплементарные пары оснований Уотсона-Крика и Хугстина. Триплексы. Тетраструктуры. Палиндромы и шпилечные структуры. Понятия вторичной, третичной и четвертичной структур для НК.

Денатурация и ренатурация ДНК, Нуклеотидные последовательности ДНК, определяющие конформацию ДНК, гибкость или жесткость молекулы.

Центральная догма молекулярной биологии.

#### 8. Структура и функции транспортных РНК. Генетический код.

Структура тРНК. Активация аминокислот и образование аминоацил-тРНК. Химические реакции, приводящие к образованию пептидной связи в процессе биосинтеза белка. Активация аминокислоты в реакции с АТФ; образование аминоациладенилата. Перенос

аминоацильного остатка на тРНК. Аминоацил-тРНК-синтетазы. Активные центры синтетаз и их специфичность. Два класса аминоксил-тРНК-синтетаз, их структурные и функциональные различия. Участки взаимодействия молекул тРНК с аминоксил-тРНК-синтетазами; различия двух классов. Узнавание аминоксил аминоксил-тРНК-синтетазами, механизм контроля правильности аминоксилирования.

Генетический код. Общие свойства генетического кода: универсальность, триплетность, однозначность и вырожденность. Групповые свойства генетического кода, буферность кода к мутациям замены оснований. Гипотезы происхождения генетического кода. Адапторная гипотеза Ф. Крика (1955) и ее экспериментальное доказательство (1962 -1963). Кодон-антикодонное взаимодействие. Гипотеза Ф. Крика о неоднозначном взаимодействии первого положения антикодона с третьим положением кодона (1966). Таблица взаимодействий первого положения антикодона. Отклонения от универсальности генетического кода в митохондриях и у некоторых бактерий и простейших эукариот.

#### 9. Транскрипция у прокариот.

Транскрипция у прокариот. РНК-полимераза прокариот, ее субъединичная структура. Особенности пространственной структуры. Разнообразие сигма-факторов. Промоторы генов прокариот, их структурные элементы. Стадии транскрипционного цикла. Инициация, образование “открытого комплекса”, элонгация и терминация транскрипции. Механизмы терминация транскрипции.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Нейрокогнитивные технологии**

#### **Цель дисциплины:**

- формирование у студентов системы научных представлений о возможностях нейрокогнитивных технологий.

#### **Задачи дисциплины:**

- приобретение базовых знаний в области нейрокогнитивных технологий;
- освоение методической и методологической базы нейрокогнитивных технологий;
- знакомство с основными результатами отечественных и зарубежных работ по исследованию мозга, связанных с разработкой проблем нейрокогнитивных технологий.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- основные современные методы нейрокогнитивных технологий;
- основные области применения нейрокогнитивных технологий.

##### **уметь:**

- пользоваться своими знаниями для постановки новых задач в области нейрокогнитивных технологий;
- сопоставлять данные полученные в разных экспериментальных исследованиях;
- проводить методологическую оценку обсуждаемых результатов;
- анализировать современные работы в области нейрокогнитивных технологий;
- соотносить научные и технологические задачи в нейрокогнитивных исследованиях.

##### **владеть:**

- основами компьютерного анализа в области нейрокогнитивных технологий;

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками нахождения необходимой информации в Интернете в области нейрокognитивных технологий;
- навыками анализа экспериментальных данных.

## **Темы и разделы курса:**

### **1. Нейрогибридные и нейроинтеллектуальные системы.**

Модели нейрональных культур.

Модели изучения мозга *in vivo* и *in vitro*. Модели нейрональных культур. Обучение в культуре нейронов. Пачечная активность в культуре нейронов. Динамика структуры сети нейронов.

Обучение с подкреплением.

Примеры моделей обучения с подкреплением. Достоинства и недостатки. Моделирование обучения. Искусственные нейронные сети. Эволюционное обучение. Селекционное обучение.

Теория отбора нейронных групп. Требования к системной модели обучения. Конкуренция нейронов.

Модели нейронных сетей. Примеры моделей нейронных сетей. Достоинства и недостатки.

Предикторные сети.

Принципы предикторных сетей. Модель целенаправленного адаптивного поведения.

Искусственный интеллект.

Тест Тьюринга. История развития искусственного интеллекта. Символьные интеллектуальные системы. Нейробиологические модели. Аниматы. Эволюционная кибернетика. Нейроморфные системы искусственного интеллекта. Гибридные нейроэлектронные системы.

### **2. Нейрокognитивные технологии на основе оптогенетики.**

Принципы оптогенетики. Методы оптики. Методы генетики. История развития оптогенетики. Улучшения классического метода оптогенетики. Оптогенетики и фМРТ.

Процессы обучения и памяти. Манипуляции с памятью. Создание искусственной памяти. Нейродегенеративные заболевания.

Способы управления активностью нейронов.

Последовательность действий для проведения оптогенетического эксперимента. Другие (кроме оптогенетики) способы управления активностью нейронов. Хемогенетика. Механизм работы опсиновых белков.

### 3. Основы нейрокомпьютерных интерфейсов.

Неинвазивные нейроинтерфейсы.

Мозго-машинные и мозго-компьютерные интерфейсы. Интерфейсы на основе ЭЭГ.

Нейроинтерфейсы клеточного уровня.

Регистрация активности отдельных нейронов. Виды активности. Принципы нейроинтерфейсов.

Трансгенные животные для нейрокогнитивных технологий.

Применение трансгенных животных в нейробиологии. Методы трансгенеза: инъекция в пронуклеус. Преимущества и недостатки. Методы трансгенеза: инъекция стволовых клеток. Преимущества и недостатки. Направленный трансгенез - создание нокаутов. Управляемые трансгены: Cre-система, TetO-система.

Метод двухфотонной микроскопии.

Основные принципы метода. Преимущества двухфотонной микроскопии для *in vivo* визуализации активности нервных клеток.

Методы исследования активности нейронов *in vivo*.

Методы исследования активности нейронов *in vivo* у бодрствующих животных или у подвижных животных. Генетически кодируемые кальциевые сенсоры

## Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии

### Общая геометрия и топология

#### Цель дисциплины:

- формирование базовых знаний по геометрии и топологии 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 геометрии и топологии;
- формирование общематематической культуры: умение логически мыслить, проводить доказательства основных утверждений, устанавливать логические связи между понятиями;
- формирование умений и навыков применять полученные знания для решения задач математической физики, самостоятельного анализа полученных результатов.

#### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### знать:

- основы общей топологии; определение и основные свойства гладких многообразий; теоремы о вложениях многообразий в евклидово пространство; основы тензорного анализа на многообразиях;
- основы теории аффинных связностей; теорему существования и единственности римановой связности; свойства тензора Римана;
- определение и свойства групп когомологий де Рама;
- теорему о гомотопической инвариантности групп когомологий;
- свойства степени гладкого отображения; теорему о гомотопической инвариантности степени;
- основы симплектической геометрии и теории гамильтоновых систем.

**уметь:**

- исследовать свойства топологических пространств;
- строить атласы многообразий, исследовать их на компактность и ориентируемость;
- вычислять ковариантные производные тензорных полей; решать задачи параллельного перенесения;
- находить и исследовать геодезические; вычислять кривизну многообразий;
- находить простейшие группы когомологий;
- вычислять степени отображений;
- исследовать гамильтоновы системы и их инвариантные многообразия.

**владеть:**

- аппаратом тензорного анализа и анализа дифференциальных форм на многообразиях;
- техникой параллельного перенесения;
- аппаратом теории когомологий.

**Темы и разделы курса:**

1. Когомологии. Степень отображения. Основы симплектической геометрии.

Замкнутые и точные формы на многообразии. Определение пространств когомологий де Рама. Свойства пространств  $H^0$  и  $H^1$ . Пространство  $H^1(S^1)$ .

Поведение форм и пространств когомологий при гладких отображениях.

Гомотопные отображения. Теорема о совпадении линейных операторов в когомологиях, соответствующих гомотопным отображениям.

Гомотопически эквивалентные многообразия и их пространства когомологий. Когомологии евклидовых пространств.

Степень отображения. Примеры. Теорема о гомотопической инвариантности степени.

Степень и интеграл. Теорема Гаусса – Бонне.

Индекс векторного поля. Теорема Пуанкаре – Бендиксона.

Симплектические многообразия. Теорема Дарбу. Лагранжевы многообразия.

Гамильтоновы векторные поля и гамильтоновы системы. Скобки Пуассона. Интегралы гамильтоновых систем.

## 2. Общая топология. Свойства гладких многообразий.

Топологическое пространство. Индуцированная топология, топология декартова произведения, фактор-топология.

Непрерывные отображения. Гомеоморфизм.

Топологические свойства пространств: связность, компактность, хаусдорфовость. Тихоновские произведения.

Топологические многообразия. Карты, атлас, локальные системы координат. Функции склейки.

Гладкие многообразия. Гладкие функции на многообразии и гладкие отображения гладких многообразий. Диффеоморфизм. Ориентируемые и неориентируемые многообразия.

Касательный вектор в точке. Касательное пространство.

Дифференциал гладкого отображения. Вложения и погружения.

Вложение компактного многообразия в евклидово пространство достаточно большой размерности.

Теорема Уитни.

## 3. Тензорный анализ и аффинные связности.

Тензорные поля на многообразии. Замена базиса в касательном пространстве при замене локальных координат. Закон преобразования координат тензорного поля при замене координат на многообразии.

Определение аффинной связности на многообразии. Символы Кристоффеля.

Коммутатор векторных полей и его свойства.

Симметричные связности. Тензор кручения связности.

Связности, согласованные с римановой метрикой. Теорема существования и единственности римановой связности (симметричной связности, согласованной с метрикой).

Параллельный перенос на многообразии с аффинной связностью и его общие свойства.

Геодезические линии на многообразии с аффинной связностью и их общие свойства. Свойства параллельного переноса и геодезических в римановой связности.

Оператор кривизны линейной связности и тензор кривизны Римана. Формулы для его коэффициентов.

Симметрии тензора кривизны Римана.

Тензор Риччи и скалярная кривизна. Тензор Римана и скалярная кривизна двумерных многообразий.

Теорема о связи скалярной кривизны поверхности с ее гауссовой кривизной.

Дифференциальные формы на многообразии. Внешнее дифференцирование форм.

Интегрирование форм по ориентированным многообразиям.

Многообразия с краем. Согласование ориентаций многообразия и его края.

Теорема Стокса.

## Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии

### Общая и неорганическая химия

#### Цель дисциплины:

- формирование базовых знаний основных понятий и законов химии, способности применять полученные знания на практике;
- понимание сути химических превращений, зависимости свойств элементов и их соединений от положения в периодической системе Д.И.Менделеева;
- овладение навыками выполнения химического эксперимента, работы с химическими реагентами, лабораторным оборудованием и приборами.

#### Задачи дисциплины:

- изучение основных законов химии;
- приобретение навыков постановки и проведения лабораторных исследований;
- умение описывать результаты опытов и делать выводы;
- способность применять теоретические знания в практической деятельности.

#### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### знать:

- основные закономерности химических процессов;
- структуру периодической системы элементов (ПСЭ) Д.И. Менделеева и вытекающие из нее основные характеристики элемента;
- возможные валентности, возможные степени окисления, характер изменения радиуса, электроотрицательности, химических свойств элементов и их соединений по группам и периодам ПСЭ;
- теоретические основы химической термодинамики и химической кинетики, свойств растворов, теории образования химической связи, теории комплексных соединений;
- правила техники безопасности при работе в химической лаборатории.

##### уметь:

- использовать периодическую систему элементов для описания химических и физико-химических свойств элементов и их соединений;
- использовать полученные знания при выполнении лабораторных работ, решении задач и обсуждении теоретических вопросов;
- анализировать полученные в ходе лабораторной работы данные и делать правильные выводы;
- выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения поставленных экспериментальных задач в области общей и неорганической химии;
- уметь рассчитывать концентрации растворов;
- критически оценивать применимость рекомендованных методик и методов.

**владеть:**

- навыками проведения химического эксперимента, формулирования выводов, организации рабочего места, сборки приборов для химического эксперимента;
- навыками приготовления растворов, проведения химических реакций;
- навыками безопасной работы с химическими реактивами;
- методами статистической обработки полученных количественных результатов и составления уравнений химических реакций.

**Темы и разделы курса:**

1. Строение атома и периодическая система элементов Д.И. Менделеева

Теория строения электронных оболочек атома и периодическая система Д.И. Менделеева.

Краткая история развития представлений о строении атома. Понятие о квантовой механике и квантово-механическая модель атома. Характеристика энергетического состояния электронов. Квантовые числа. Уровни, подуровни, орбитали.

Состояние электронов в многоэлектронных атомах. Принцип Паули. Правило Гунда. Принцип минимума энергии. Электронные формулы атомов s-, p-, d, f-элементов. Энергетические характеристики атомов – энергия ионизации и сродство к электрону. Понятие об электроотрицательности.

Периодическая система как выражение периодического закона. Закономерности изменения свойств элементов и соответствующих им простых и сложных веществ в группах и периодах. Структура периодической системы и ее связь со строением атомов.

Особенности электронного строения элементов в главных и побочных подгруппах.

2. Химическая связь и строение молекул

Химическая связь и строение молекул. Молекулы. Теория химического строения, история ее развития. Виды химической связи, ее основные характеристики: длина, энергия, полярность, s- и p-связи.

Основные положения метода валентных связей. Обменный и донорно-акцепторный механизмы образования связи. Понятие валентности. Теория гибридизации. Пространственная конфигурация молекул. Специфические свойства ковалентной связи – насыщенность и направленность. Полярность молекул. Строение молекул метана, этана, этилена, ацетилен и бензола.

Метод молекулярных орбиталей (ММО). Классификация молекулярных орбиталей. Строение двухатомных простых и сложных молекул.

Водородная связь и ее характеристики. Ионная и металлическая связи. Особенности свойств веществ и материалов с различным типом химической связи.

### 3. Основы химической термодинамики

Основы химической термодинамики. Энергетика химических процессов. Энергетические эффекты химических реакций. Закон Гесса.

Стандартные энтальпии образования и сгорания химических соединений, энергии связи и их использование для расчета стандартных энтальпий химических реакций. I-й и II-й законы термодинамики. Понятие об энтропии. Изобарно-изотермический потенциал. Факторы, определяющие направление протекания химических взаимодействий.

Особенности термодинамических расчетов для поверхностных взаимодействий, в т.ч. на границах раздела компоненты живых организмов (кровь, физиологический раствор, клетки и т.д.) – материалы имплантационной медицины.

### 4. Основы химической кинетики

Основы химической кинетики. Скорость химических реакций в гомогенных и гетерогенных системах. Закон действующих масс. Влияние температуры на скорость химических реакций. Закон Вант-Гоффа.

Уравнение Аррениуса. Понятие об энергии активации. Механизмы химических взаимодействий с учетом величины энергии активации. Катализ.

Химическое равновесие. Понятие о константе равновесия. Факторы, влияющие на сдвиг химического равновесия. Принцип Ле Шателье.

Использование законов химической кинетики при оптимизации процессов в биохимических технологиях.

### 5. Растворы

Растворы. Общая характеристика растворов. Процесс растворения. Гидраты, кристаллогидраты и сольваты. Способы выражения концентрации растворов. Растворимость.

Физические свойства растворов. Осмотическое давление. Закон Вант-Гоффа. Давление пара растворов. Кипение и замерзание растворов. Законы Рауля.

Процесс и степень диссоциации электролита. Сила электролитов. Константы кислотности и основности слабых электролитов. Закон разбавления Оствальда. Сильные электролиты. Ионная сила. Активность. Коэффициент активности. Ионное произведение воды. Водородный и гидроксильный показатели pH и pOH. Буферные растворы. Понятие о произведении растворимости. Гидролиз солей. Степень гидролиза. Зависимость степени гидролиза от концентрации и температуры. Константа гидролиза.

## 6. Основы электрохимии

Основы электрохимии. Степень окисления элементов. Окислительно-восстановительные реакции. Важнейшие окислители и восстановители. Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций. Химические источники электрической энергии. Электродные потенциалы. Электроды сравнения. Уравнение Нернста. Гальванические элементы. Расчет ЭДС гальванического элемента. Электролиз. Законы электролиза. Электролиз водных растворов и расплавов электролитов. Коррозия металлов.

Биодатчики, принципы действия, возможности для практического использования в медицине.

## 7. Химические свойства s-элементов

Положение s-элементов в периодической системе Д.И. Менделеева. Общая характеристика. Физические и химические свойства. Водород, основные свойства, получение и хранение. Гидриды элементов. Вода, водородная связь, физико-химические свойства воды.

Щелочные и щелочно-земельные металлы. Химические свойства щелочных и щелочно-земельных металлов. Получение и их применение. Получение и применение гидроксидов щелочных и щелочно-земельных металлов. Зависимость химических свойств и реакционной способности щелочных и щелочно-земельных элементов в зависимости от положения в периодической системе.

## 8. Химические свойства p-элементов

Положение p-элементов в периодической системе Д.И. Менделеева. Общая характеристика. Физические и химические свойства. Бор, углерод, кремний, кислород, сера, галогены, инертные газы, их химические свойства, применение. Зависимость химических свойств и реакционной способности p-элементов в зависимости от положения в периодической системе. Химические свойства оксидов и гидроксидов p-элементов. Сравнительная характеристика окислительно-восстановительных свойств s- и p-элементов и их соединений. Серная и фосфорная кислоты: получение и применение. Углерод и его свойства. Углеродные наноструктуры: кластеры, фуллерены, нанотрубки: получение, свойства и применение в нанотехнологиях и медицине.

## 9. Химические свойства d-элементов

Положение d-элементов в периодической системе Д.И. Менделеева. Общая характеристика. Физические и химические свойства. Хром, марганец, железо, кобальт, никель, медь, цинк, серебро, кадмий, золото: их химические свойства, применение. Зависимость химических свойств и реакционной способности d-элементов в зависимости от положения в периодической системе. Химические свойства гидроксидов d-элементов.

## 10. Координационные соединения

Координационные (комплексные) соединения. Основные понятия и определения. Пространственное строение и изомерия. Теория кристаллического поля и энергетическое расщепление электронов d-подуровня в зависимости от химического состава комплекса.

Метод валентных связей и метод молекулярных орбиталей при трактовке химической связи в координационных соединениях. Окраска координационных соединений. Окислительно-восстановительные реакции координационных соединений. Устойчивость координационных соединений. Константа нестойкости.

## 11. Химические свойства f-элементов

Положение лантаноидов и актиноидов в периодической системе Д.И. Менделеева. Общая характеристика. Физические и химические свойства. Зависимость химических свойств f-элементов в зависимости от положения в периодической системе. Особенность строения электронных оболочек и атомных радиусов f-элементов в зависимости от положения в периодической системе. Химические свойства гидроксидов f-элементов. Применение лантаноидов.

## Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии

### Общая физика: квантовая физика

#### Цель дисциплины:

- освоение студентами физики основ квантовой физики.

#### Задачи дисциплины:

- усвоение основных концепций квантовой физики;
- решение задач, охватывающих основные приложения квантовой физики.

#### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### знать:

- численные порядки величин, характеризующие явления микромира;
- основы теории теплового излучения;
- явления интерференции волн де Бройля;
- понятие спина электрона;
- основные модели электронной оболочки атома;
- эффект Зеемана, ЭПР, ЯМР;
- элементарные ядерные модели;
- законы радиоактивных распадов;
- понятие ядерных реакций, сечения ядерных реакций;
- элементарные ядерные модели;
- понятие сильного и слабого взаимодействия.

##### уметь:

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;

- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- находить безразмерные параметры, определяющие изучаемое явление;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- обеспечить достоверность получаемых результатов;
- видеть в технических задачах физическое содержание.

**владеть:**

- методами решения физических задач по электродинамике;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории, библиотеке и Интернете;
- навыками освоения большого объема информации;
- культурой постановки и моделирования физических задач.

**Темы и разделы курса:**

1. Атом в магнитном поле.

Эффект Зеемана (слабое и сильное магнитное поле) на примере  $3P-3S$ -переходов. Ядерный и электронный магнитный резонанс.

2. Волны де Бройля. Соотношение неопределённостей.

Гипотеза де Бройля о волновых свойствах частиц, волновая функция свободной частицы (волна де Бройля). Опыты Девиссона-Джермера и Томсона по дифракции электронов. Связь волновых свойств частиц с ее механическими характеристиками. Длина волны де Бройля нерелятивистской частицы. Критерий квантовости системы. Вероятностная интерпретация волновой функции.

3. Законы радиоактивных распадов. Ядерные реакции.

Радиоактивность. Закон радиоактивного распада, константа распада, период полураспада, среднее время жизни, вековое уравнение. Альфа-распад, закон Гейгера-Нэттола и его вывод (формула Гамова). Гамма-излучение, изомерия ядер. Бета-распад, энергетический спектр бета-распада, гипотеза нейтрино. Ядерные реакции: экзотермические и эндотермические реакции, порог реакции, сечение реакции (полное и парциальные сечения). Потенциальное рассеяние, амплитуда и длина рассеяния. Составное ядро. Нерезонансная теория – классическое сечение, поправки на волновой характер частиц, коэффициент проникновения частицы в прямоугольную яму, закон Бете. Резонансные реакции – формула Брейта-Вигнера. Эффект Мессбауэра. Реакции под действием нейтронов. Классификация нейтронов. Замедление быстрых нейтронов в среде, длина замедления. Когерентные явления (дифракция нейтронов). Деление ядер под действием нейтронов, мгновенные и запаздывающие нейтроны, цепная реакция деления. Роль

запаздывающих нейтронов в работе ядерного реактора. Схема реактора на тепловых нейтронах. Йодная яма. Возможные схемы реакторов термоядерного синтеза.

#### 4. Опыты Штерна–Герлаха, Эйнштейна–де Газа. Спин электрона.

Магнитный орбитальный момент электронов, гиромагнитное отношение,  $g$ -фактор, магнетон Бора. Опыты Штерна–Герлаха – демонстрация дискретности магнитного момента, обнаружение магнитных дублетов. Гипотеза Уленбека и Гаудсмита о спине электрона, спиновый  $g$ -фактор. Опыты Эйнштейна и де Газа (спиновая природа магнетизма твердых тел). Векторная модель сложения спинового и орбитального моментов электрона, фактор Ланде.

#### 5. Строение атома.

Закономерности оптических спектров атомов, формула Бальмера. Открытие атомного ядра и планетарная модель атома Резерфорда. Постулаты Бора, боровский радиус, формула для энергии электронов атома водорода. Характеристическое рентгеновское излучение (закон Мозли). Классификация водородоподобных атомов: главное, радиальное и орбитальное квантовые числа. Вырождение уровней в кулоновском поле (кратность вырождения). Правило Хунда. Качественное объяснение закономерностей таблицы Менделеева (до аргона), спектроскопическая запись состояния атома, электронная конфигурация элементов, последовательность заполнения состояний. Скачкообразное изменение химических свойств при заполнении  $p$ -оболочки, магические числа (инертные газы). Спин-орбитальное взаимодействие, тонкая и сверхтонкая структура атомных уровней.

#### 6. Фотоэффект. Эффект Комптона. Тепловое излучение.

Основные экспериментальные результаты по внешнему фотоэффекту. Уравнение Эйнштейна, гипотеза квантов света. Эксперимент Комптона по рассеянию рентгеновских лучей на легких ядрах, вывод изменения длины волны квантов при рассеянии на свободных электронах, комптоновская длина волны. Уравнения, описывающие взаимодействие фотона с произвольной системой как обмен энергией и импульсом путем рождения и уничтожения квантов. Интерпретация плотности энергии электромагнитной волны как вероятность обнаружения фотона в заданном элементе пространства.

Плотность состояний, фазовый объем, приходящийся на одно квантовое состояние. Вывод формулы Планка для равновесного излучения абсолютно черного тела. Закон смещения Вина. Анализ формулы Планка в предельных случаях больших частот (квантовый предел) и малых частот (формула Рэлея–Джинса). Классическая интерпретация формулы Рэлея–Джинса. Интегральные характеристики равновесного теплового излучения – плотность энергии равновесного излучения, интенсивность излучения, светимость. Законы Кирхгофа, Ламберта, Стефана-Больцмана. Цветовая, яркостная и радиационная температуры тела. Двухуровневая квантовая система в поле равновесного излучения, принцип детального равновесия, спонтанные и индуцированные переходы. Прохождение излучения через среду, условие усиления (инверсная заселенность уровней). Принципы создания инверсной заселенности в трехуровневой и четырехуровневой системах.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **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 осимметричных 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 опускании 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 Погеля.

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.

#### 53. Эффект Мессбауэра. Исследование резонансного поглощения $\gamma$ квантов.

С помощью метода доплеровского сдвига в мессбауэровской линии поглощения исследуется резонансное поглощение  $\gamma$ -квантов, испускаемых ядрами олова. Определяется положение максимума резонансного поглощения, его величина, а также экспериментальная ширина линии.

#### 54. Исследование эффекта Комптона.

С помощью сцинтилляционного спектрометра исследуется энергетический спектр  $\gamma$ -квантов, рассеянных на графите. Определяется энергия рассеянных  $\gamma$ -квантов в зависимости от угла рассеяния, а также энергия покоя частиц, на которых происходит комптоновское рассеяние.

#### 55. 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.

#### 56. Спектрометрия $\gamma$ – излучения с помощью сцинтилляционного спектрометра. Измерение абсолютной активности препарата Со методом $\gamma$ – $\gamma$ совпадений.

Методом  $\gamma$  – совпадений измеряется абсолютная активность препарата Со. После этого определяется энергия  $\gamma$ -квантов неизвестного радиоактивного препарата.

#### 57. Определение энергии $\alpha$ частиц по величине их пробега в воздухе.

Измеряется пробег  $\alpha$ -частиц в воздухе двумя способами: с помощью торцевого счетчика Гейгера и сцинтилляционного счетчика. По полученным величинам определяется энергия частиц.

#### 58. 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.

#### 59. 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.

60. 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.

61. 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.

62. Фотоэффект.

Исследуется зависимость фототока от величины задерживающего потенциала и частоты падающего излучения. По результатам вычисляется значение постоянной Планка.

63. Атом водорода.

Исследуются закономерности в оптическом спектре атома водорода. По результатам вычисляются постоянная Ридберга для двух изотопов, их потенциалы ионизации, изотопические сдвиги линий.

64. Эффект Рамзауэра.

Исследуется энергетическая зависимость вероятности рассеяния медленных электронов атомами ксенона. По результатам измерений оценивается размер внешней электронной оболочки атома.

65. Измерение коэффициента ослабления потока  $\gamma$ -лучей в веществе и определение их энергии. Работа по радиоационной безопасности.

С помощью сцинтилляционного счетчика измеряются линейные коэффициенты ослабления потока  $\gamma$ -лучей в свинце, железе и алюминии. По результатам определяется энергия  $\gamma$ -квантов.

66. Исследование энергетического спектра  $\alpha$ -частиц и определение их минимальной энергии.

С помощью магнитного спектрометра исследуется энергетический спектр  $\alpha$ -частиц при распаде ядер цезия. Калибровка спектрометра осуществляется по энергии электронов внутренней конверсии.

67. 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: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Общая физика: механика**

#### **Цель дисциплины:**

- изучение студентами основных законов классической и релятивистской механики.

#### **Задачи дисциплины:**

- знакомство с базовыми экспериментальными фактами в области механических явлений;
- усвоение основных концепций, используемых для описания механических явлений;
- овладение простейшими математическими методами, позволяющими решать задачи механики;
- решение задач, охватывающих основные приложения механики.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- численные порядки величин, характерные для различных механических явлений;
- основные законы классической и релятивистской механики;
- принцип относительности Галилея и принцип относительности Эйнштейна;
- законы сохранения энергии, импульса и момента импульса;
- закон всемирного тяготения и законы Кеплера;
- основы динамики вращения абсолютно твёрдого тела;
- основы теории свободных, затухающих и вынужденных колебаний;
- принципы описания механических явлений в неинерциальных системах отсчёта;
- основы описания движения идеальной и вязкой жидкости;
- основы описания упругих свойств материалов.

##### **уметь:**

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- находить безразмерные параметры, определяющие изучаемое явление;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- обеспечить достоверность получаемых результатов;
- видеть в технических задачах физическое содержание.

**владеть:**

- методами решения физических задач по механике;
- навыками самостоятельной работы в библиотеке и Интернете;
- навыками освоения большого объема информации;
- культурой постановки и моделирования физических задач.

**Темы и разделы курса:**

1. Динамика вращения абсолютно твёрдого тела.

Основное уравнение динамики вращения абсолютно твёрдого тела вокруг неподвижной оси. Момент инерции. Теорема Штейнера. Кинетическая энергия абсолютно твёрдого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси.

Соотношение между моментами инерции относительно трёх взаимно перпендикулярных осей. Момент инерции относительно точки. Соотношение между моментами инерции плоской фигуры. Моменты инерции простейших тел.

Динамика плоского движения абсолютно твёрдого тела. Кинетическая энергия при плоском движении. Скатывание тел вращения с наклонной плоскости. Гироскоп. Прецессия гироскопа под действием силы тяжести.

2. Механика материальной точки.

Система отсчёта. Радиус-вектор частицы. Декартова, цилиндрическая и сферическая системы координат. Основные понятия кинематики материальной точки: перемещение, мгновенная скорость и ускорение. Средний вектор и средний модуль скорости.

Описание плоского движения в полярной системе координат. Дуговая координата. Разложение ускорения на тангенциальную и нормальную составляющие.

Кинематика вращения абсолютно твёрдого тела вокруг неподвижной оси. Угловая скорость и угловое ускорение. Связь угловых и линейных величин. Плоское движение твёрдого тела

как сумма поступательного и вращательного движений. Сведение плоского движения к вращению. Мгновенная ось вращения. Сложение угловых скоростей.

Закон сложения скоростей и ускорений. Законы Ньютона. Преобразования Галилея. Принцип относительности Галилея. Импульс частицы и закон его изменения. Импульс силы. Закон сохранения импульса.

Работа и мощность силы. Кинетическая энергия частицы и закон её изменения. Консервативные и неконсервативные силы, потенциальное поле сил, потенциальная энергия. Полная энергия частицы в потенциальном поле и закон её изменения. Закон сохранения энергии.

Потенциальная энергия частицы в центральном поле. Применение к гравитационному и кулоновскому полям, к полю упругой силы. Потенциальная энергия частицы в поле силы тяжести. Определение силы по виду потенциальной энергии.

### 3. Механика системы частиц. Задача двух тел.

Центр масс системы частиц. Уравнение движения центра масс. Импульс системы частиц. Сохранение импульса замкнутой системы. Система центра масс.

Движение точки с переменной массой. Уравнение Мещерского. Формула Циолковского.

Полная механическая энергия системы частиц, закон сохранения механической энергии, теорема Кёнига

Задача двух тел: выделение движения центра масс, уравнение относительного движения, приведённая масса. Кинетическая энергия и импульсы частиц в системе центра масс.

Кинематика бинарных упругих столкновений. Векторная диаграмма импульсов. Связь углов рассеяния в системе центра масс и в лабораторной системе. Неупругие столкновения. Порог реакции.

### 4. Момент импульса. Закон всемирного тяготения. Законы Кеплера.

Момент импульса частицы и закон его изменения. Момент силы. Закон сохранения момента импульса. Теорема площадей. Момент импульса системы частиц и закон его изменения. Сохранение момента импульса замкнутой системы. Связь моментов импульса в лабораторной системе и в системе центра масс. Момент импульса в задаче двух тел.

Закон всемирного тяготения. Теорема Гаусса. Применение теоремы Гаусса для нахождения гравитационного поля простейших систем.

Законы Кеплера, параметры орбиты, период обращения. Космические скорости.

### 5. Неинерциальные системы отсчёта.

Неинерциальные системы отсчёта. Силы инерции, возникающие при поступательном движении и при вращении. Потенциальная энергия частицы в поле центробежной силы инерции. Зависимость веса тела от географической широты. Отклонение падающих тел от направления отвеса. Маятник Фуко.

## 6. Свободные, затухающие и вынужденные колебания, волны.

Одномерные гармонические колебания: уравнение движения и его общее решение, начальные условия. Амплитуда, фаза, частота и период колебаний. Период малых колебаний математического маятника и груза на пружине. Малые колебания физического маятника: период колебаний, приведённая длина, центр качания. Теорема Гюйгенса о взаимности точки подвеса и центра качания.

Затухающие одномерные колебания в вязкой среде: уравнение движения и его общее решение, начальные условия. Логарифмический декремент затухания и добротность. Аперриодическое движение.

Вынужденные колебания одномерного гармонического осциллятора в вязкой среде под действием синусоидальной внешней силы: уравнение движения и его общее решение, метод неопределённых коэффициентов, начальные условия. Установившиеся колебания, амплитуда и фаза установившихся колебаний, резонанс.

Описание волнового движения, волновое число, фазовая скорость, бегущие и стоячие волны.

## 7. Специальная теория относительности.

Принцип относительности Эйнштейна, независимость скорости света от движения источника. Система отсчёта в СТО. Преобразования Лоренца. Инвариантность интервала, классификация интервалов. Следствия преобразований Лоренца: относительность одновременности, сокращение масштабов, замедление времени. Релятивистский закон сложения скоростей. Преобразование направления скорости.

Импульс и энергия частицы в СТО. Преобразования Лоренца для импульса и энергии. Эффект Доплера. Система центра масс в СТО. Пороговая энергия при неупругом столкновении двух релятивистских частиц. Уравнение движения релятивистской частицы. Движение релятивистской частицы в постоянном однородном магнитном поле; движение вдоль силовых линий постоянного однородного электрического поля.

## 8. Элементы механики сплошной среды.

Сжатие и растяжение стержней. Коэффициент Пуассона, закон Гука, модуль Юнга. Всестороннее растяжение и сжатие. Энергия упругой деформации. Скорость распространения продольных упругих возмущений. Деформации сдвига и кручения.

Поле скоростей, линии и трубки тока. Идеальная жидкость. Уравнение Бернулли. Формула Торричелли. Трубка Пито. Расходомер Вентури. Вязкость, сила вязкого трения, формула Пуазейля, число Рейнольдса.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Общая физика: оптика**

#### **Цель дисциплины:**

- освоение студентами физики волновых явлений и оптики.

#### **Задачи дисциплины:**

- знакомство с базовыми экспериментальными фактами в области волновых явлений и оптики;
- усвоение основных концепций, выдвинутых для описания волновых явлений;
- овладение математическими методами, позволяющими решать волновые уравнения;
- решение задач, охватывающих основные приложения физики волн и оптики.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- численные порядки величин, характеризующие оптические явления;
- основы геометрической оптики;
- явления дифракции Френеля и Фраунгофера;
- дифракционный предел разрешения оптических и спектральных приборов;
- понятие пространственной и временной когерентности;
- пространственное преобразование Фурье в оптике;
- основные принципы голографии;
- классическую теорию дисперсии;
- понятия фазовой и групповой скорости;
- формулу для показателя преломления вещества в рентгеновском диапазоне спектра;
- элементарные основы кристаллооптики.

**уметь:**

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- находить безразмерные параметры, определяющие изучаемое явление;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- обеспечить достоверность получаемых результатов;
- видеть в технических задачах физическое содержание.

**владеть:**

- методами решения физических задач по электродинамике;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории, библиотеке и Интернете;
- навыками освоения большого объема информации.

**Темы и разделы курса:**

## 1. Геометрическая оптика.

Волновое уравнение как следствие уравнений Максвелла. Плоские электромагнитные волны. Законы отражения и преломления. Преломление света на сферической поверхности раздела двух диэлектрических сред. Параксиальное приближение. Тонкая и толстая линзы. Оптические приборы: лупа, телескоп, микроскоп. Световой поток, сила света, яркость, светимость, освещённость.

## 2. Голография.

Волновое поле как суперпозиция плоских волн разных направлений (пространственное фурье-разложение). Пространственная частота, пространственный спектр. Дифракция на синусоидальных решетках. Теория Аббе формирования оптического изображения (принцип двойной дифракции). Явление саморепродукции. Методы наблюдения фазовых структур: метод тёмного поля и метод фазового контраста. Представление о фурье-спектроскопии. Принципы голографии. Голограмма Габора. Голограмма с наклонным опорным пучком. Действительные и мнимые изображения. Разрешающая способность голограмм. Понятие об объёмных голограммах Денисюка.

## 3. Дифракция Фраунгофера.

Критерий подобия дифракционных задач. Волновой параметр и число Френеля. Различие между дифракцией Френеля и дифракцией Фраунгофера. Границы применимости геометрической оптики. Дифракция Фраунгофера на круглом отверстии и на щели. Поле в фокальной плоскости линзы. Дифракционный предел разрешения телескопа и микроскопа.

#### 4. Дифракция Френеля.

Принцип Гюйгенса--Френеля. Граничные условия Кирхгофа. Дифракционные задачи с осевой симметрией. Спираль Френеля и зоны Френеля. Зонные пластинки. Линза как дифракционный прибор. Дифракция Френеля на щели. Зоны Шустера. Интегралы Френеля. Спираль Корню.

#### 5. Интерференция волн.

Плоские и сферические монохроматические электромагнитные волны. Квазимонохроматические волны -- волновые пакеты. Длина пространственной когерентности и время когерентности квазимонохроматической волны. Соотношение неопределённостей "частота-время". Статистическая природа "обычного" света. Лазеры как источники когерентного светового излучения. Принцип суперпозиции и интерференция волн. Интерференционные опыты и схемы. Интерференция монохроматических волн, ширина интерференционных полос. Интерференция квазимонохроматических волн: временная когерентность и видность интерференционных полос. Максимальная разность хода в интерференционных опытах с квазимонохроматическими волнами. Интерференционные явления для волн, испускаемых протяжёнными источниками: пространственная когерентность и видность интерференционных полос. "Ширина" ("радиус") пространственной когерентности.

#### 6. Спектральные приборы.

Дифракционная решетка, интерферометр Фабри--Перо, призма. Характеристики спектральных приборов: разрешающая способность, область дисперсии. Дифракционный предел разрешения спектральных приборов. Дифракция рентгеновских волн, условие Брэгга--Вульфа.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Общая физика: термодинамика и молекулярная физика**

#### **Цель дисциплины:**

- термодинамика и молекулярная физика» является изучение студентами основных законов термодинамики и молекулярной физики.

#### **Задачи дисциплины:**

- знакомство с базовыми экспериментальными фактами в области тепловых и молекулярно-кинетических явлений;

- усвоение основных концепций, используемых для описания тепловых и молекулярно-кинетических явлений;

- овладение простейшими математическими методами, позволяющими решать задачи термодинамики и молекулярной физики;

- решение задач, охватывающих основные приложения термодинамики и молекулярной физики.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- численные порядки величин, характерные для различных тепловых и молекулярно-кинетических явлений;

- основные законы термодинамики и молекулярной физики;

- первое, второе и третье начала термодинамики;

- уравнения состояния идеального газа и газа Ван-дер-Ваальса;

- основные термодинамические потенциалы;

- статистический смысл энтропии;

- распределения Максвелла и Больцмана;

- закон равномерного распределения энергии по степеням свободы;

- физическую сущность фазовых переходов первого и второго рода;

- закономерности явлений переноса (диффузии, вязкости, теплопроводности);
- законы броуновского движения.

**уметь:**

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- находить безразмерные параметры, определяющие изучаемое явление;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- обеспечить достоверность получаемых результатов;
- видеть в технических задачах физическое содержание.

**владеть:**

- методами решения физических задач по термодинамике и молекулярной физике;
- навыками самостоятельной работы в библиотеке и Интернете;
- навыками освоения большого объема информации;
- культурой постановки и моделирования физических задач.

**Темы и разделы курса:**

1. Газ Ван дер Ваальса.

Уравнение Ван дер Ваальса. Изотермы газа Ван дер Ваальса. Критические параметры. Приведённое уравнение. Закон соответственных состояний. Температура Бойля. Правило Максвелла.

Внутренняя энергия, теплоёмкости, и энтропия газа Ван дер Ваальса. Адиабатический и политропический процессы для газа Ван дер Ваальса. Адиабатическое расширение газа Ван дер Ваальса в вакуум.

Интегральный эффект Джоуля-Томсона для газа Ван дер Ваальса. Кривая инверсии интегрального эффекта в приведённых переменных. Дифференциальный эффект Джоуля-Томсона для газа Ван дер Ваальса. Кривая инверсии дифференциального эффекта в приведённых переменных.

2. Кинетические явления.

Прохождение пучка частиц через газ неподвижных рассеивателей (модель твёрдых шаров). Распределение по пробегам и его свойства. Газокинетическое сечение. Средняя длина свободного пробега частицы в "своём" газе и в смеси двух газов.

Вязкость газа. Теплопроводность, закон Фурье. Коэффициент теплопроводности одноатомного газа.

Взаимная диффузия двух газов, закон Фика. Коэффициент диффузии. Диффузия как процесс случайного блуждания. Формула Эйнштейна для среднего квадрата смещения частицы за заданное время. Подвижность. Связь подвижности с коэффициентом диффузии. Подвижность броуновской частицы.

Явления переноса в разреженных газах. Эффект Кнудсена. Эффузионное разделение газовых смесей. Течение разреженного газа через трубу.

### 3. Основные законы термодинамики.

Газовые законы. Абсолютная температура. Уравнение состояния идеального газа. Постоянная Больцмана. Первое начало термодинамики. Равновесные и квазиравновесные процессы. Общее выражение для работы газа при равновесном процессе. Работа при изотермическом расширении идеального газа. Циклические процессы. Тепловой двигатель, холодильная машина, тепловой насос и характеристики их эффективности.

Теплоёмкость. Независимость внутренней энергии идеального газа от объёма. Уравнение Майера. Адиабатический и политропический процессы (идеальный газ). Уравнение Бернулли для адиабатического течения идеального газа. Скорость истечения газа из отверстия. Скорость звука в газах.

Второе начало термодинамики. Первая теорема Карно. Равенство Клаузиуса. Энтропия. Энтропия идеального газа. Объединённое уравнение первого и второго начал термодинамики. Неравенство Клаузиуса. Возрастание энтропии адиабатически изолированной системы. Адиабатическое расширение идеального газа в вакуум. Парадокс Гиббса. Невозможность существования вечного двигателя второго рода. Вторая теорема Карно. Верхняя граница КПД произвольного цикла.

Термодинамические потенциалы. Энтальпия, свободная энергия, потенциал (энергия) Гиббса. Соотношения Максвелла. Следствия соотношений Максвелла: зависимость внутренней энергии и теплоёмкости однородной системы от объёма, разность , изотермическое и адиабатическое сжатие жидкостей. Термодинамика деформации стержней.

Третье начало термодинамики и его следствия: обращение в нуль при теплоёмкостей, коэффициента теплового расширения и термического коэффициента давления; недостижимость абсолютного нуля.

### 4. Поверхностные явления.

Поверхностное натяжение, формула Лапласа. Термодинамика поверхностного натяжения.

Зависимость давления насыщенного пара от кривизны поверхности жидкости. Кипение. Роль зародышей при образовании новой фазы.

## 5. Статистические распределения. Теория теплоёмкостей. Флуктуации.

Распределение Максвелла (распределение молекул по физически бесконечно малым объёмам пространства скоростей). Среднеквадратичная скорость. Распределение молекул по компонентам и абсолютным значениям скорости. Наиболее вероятная скорость, средний модуль скорости.

Число столкновений молекул с единицей площади стенки за единицу времени. Средняя энергия молекул, вылетающих в вакуум через малое отверстие.

Равновесие газа во внешнем потенциальном поле. Распределение Больцмана. Барометрическое распределение.

Распределение Гиббса. Эквивалентность статистической и термодинамической температур. Статистический смысл энтропии. Статистическая сумма и её связь с термодинамическими потенциалами.

Элементы квантовой теории теплоёмкостей. Статистическая сумма, внутренняя энергия и теплоёмкость двухатомного идеального газа. Характеристические температуры. Классический закон равномерного распределения энергии по степеням свободы. Теплоёмкость кристаллов (закон Дюлонга–Пти).

Флуктуации числа частиц в заданном объёме идеального газа. Флуктуации объёма и температуры. Зависимость флуктуаций от числа частиц. Термодинамическая теория флуктуаций. Влияние флуктуаций на чувствительность измерительных приборов.

## 6. Фазовые превращения.

Экстремальное свойство термодинамического потенциала Гиббса. Условия равновесия двух фаз. Химические потенциалы. Кривая равновесия. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Фазовые переходы первого и второго рода.

Диаграмма состояний системы жидкость-пар. Критическая точка. Правило рычага. Зависимость давления насыщенного пара от температуры. Теплоёмкость насыщенного пара. Зависимость теплоты фазового перехода от температуры (общее уравнение и его решение для системы жидкость-пар вдали от критической точки).

Устойчивость фаз. Метастабильные состояния. Диаграмма состояний системы лёд–вода–пар. Тройная точка.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Общая физика: электричество и магнетизм**

#### **Цель дисциплины:**

- освоение студентами основ классической электродинамики и знакомство студентов с элементами оптики и теории поля.

#### **Задачи дисциплины:**

- знакомство с базовыми экспериментальными фактами в области электричества и магнетизма;
- усвоение уравнений Максвелла в вакууме и в материальных средах, описывающих все электродинамические явления;
- овладение математическими методами, позволяющими решать уравнения Максвелла;
- решение задач, охватывающих основные приложения электродинамики.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- численные порядки величин, характеризующие электрические и магнитные явления;
- основные законы электродинамики в вакууме и веществе (уравнения Максвелла);
- законы электростатики и магнитостатики;
- явление электромагнитной индукции;
- выражение закона сохранения энергии для электромагнитного поля;
- квазистационарные электромагнитные явления;
- элементарную теорию волноводов и объемных резонаторов;
- основные понятия о плазме.

##### **уметь:**

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- находить безразмерные параметры, определяющие изучаемое явление;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- обеспечить достоверность получаемых результатов;
- видеть в технических задачах физическое содержание.

**владеть:**

- методами решения физических задач по электродинамике;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории, библиотеке и Интернете;
- навыками освоения большого объема информации;
- культурой постановки и моделирования физических задач.

**Темы и разделы курса:**

1. Магнитостатика.

Закон Ампера взаимодействия токов. Магнитное поле постоянных токов в вакууме как векторное поле. Индукция \ магнитного поля. Закон Био-Савара-Лапласа. Силы Ампера и Лоренца. Магнитное поле прямого провода.. Единицы СГСЭ и СГСМ. Опыт Вебера-Кольрауша и электродинамическая постоянная с.. Магнитное поле витка с током. Магнитное поле соленоида. Теорема о циркуляции магнитного поля в интегральной и дифференциальной формах. Магнитное поле проводников с токами: толстого провода, коаксиального кабеля, соленоида, тороида, движущейся заряженной плоскости. Магнитное поле системы токов на большом удалении от этой системы. Магнитный диполь. Момент сил, действующих на диполь, и энергия магнитного диполя в магнитном поле. Магнитные моменты атомов и молекул. Качественные представления о механизме намагничивания парамагнетиков и диамагнетиков. Вектор намагниченности вещества. Свободные токи и токи намагничивания. Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость вещества. Напряженность магнитного поля. Характер изменения напряжённости и индукции магнитного поля на границе раздела двух магнетиков.

2. Переменные токи.

Колебательный контур. Свободные затухающие колебания электрического тока в контуре. Коэффициент затухания, логарифмический декремент затухания и добротность контура. Энергия, сосредоточенная в колебательном контуре. Энергетический смысл добротности. Вынужденные колебания электрического тока под действием внешнего синусоидального напряжения. Амплитудная и фазовая характеристики тока и напряжений. Резонанс. Процесс установления стационарных колебаний. Условие квазистационарности тока.

Гармонические (синусоидальные) токи. Представление колебаний электрического тока и напряжений через комплексные величины. Векторные диаграммы. Комплексное сопротивление (импеданс) элемента цепи переменного тока. Правила Кирхгофа для переменных токов. Работа и мощность переменного тока. Действующие значения тока и напряжения. Вынужденные электрические колебания в контуре. Связь ширины резонансного пика с добротностью контура. Резонанс напряжений и резонанс токов. Резонансный трансформатор Тесла. Интегрирующие и дифференцирующие аналоговые схемы. Параметрическое возбуждение колебания. Понятие об автоколебаниях. Генератор Ван-дер-Поля. Обратная связь. Распространение переменного тока по длинному проводу (кабелю). Уравнения, связывающие ток и напряжение на малом участке кабеля (телеграфные уравнения). Ёмкость, индуктивность, сопротивление и утечка на единицу длины кабеля. Условие распространения сигнала по кабелю без затухания. Условие распространения сигнала с затуханием, но без искажения. Скорость распространения сигнала по кабелю. Волновое сопротивление кабеля.

### 3. Постоянные токи.

Постоянный ток. Сила и плотность тока. Уравнение непрерывности электрического заряда. Закон Ома в интегральной и дифференциальной формах. Электродвижущая сила. Правила Кирхгофа. Работа и мощность постоянного тока. Закон Джоуля-Ленца. Объёмные токи. Проводимость диода, закон Ленгмюра.

### 4. Электродинамика.

Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях. Преобразования полей при переходах из одних инерциальных систем отсчёта в другие. Электромагнитная индукция в движущихся и неподвижных проводниках. Электродвижущая сила индукции (закон Фарадея). Правило Ленца. Вихревое электрическое поле. Непрерывность силовых линий магнитного поля. Первая пара уравнений Максвелла. Ток смещения. Вторая пара уравнений Максвелла. Полная система уравнений Максвелла в вакууме. Волновое уравнение. Электромагнитные волны в свободном пространстве, скорость их распространения. Электромагнитная природа света. Уравнения Максвелла и электромагнитная индукция. Взаимная индуктивность контуров; теорема взаимности. Коэффициент самоиндукции контура. Индуктивность длинного соленоида. Энергия, сосредоточенная в индуктивности. Плотность энергии магнитного поля. "Энергетические" определения коэффициентов взаимной индуктивности и коэффициента самоиндукции. Энергетический метод вычисления сил в магнитном поле. Подъёмная сила электромагнита.

### 5. Электромагнитные волны в средах.

Диэлектрические среды: индукция электрического поля и диэлектрическая проницаемость среды. Магнитные среды: напряжённость магнитного поля и магнитная проницаемость среды. Плотность тока смещения (тока связанных зарядов) в среде. Уравнения Максвелла и материальные уравнения (уравнения связи) в изотропной среде. Плотность энергии и плотность потока энергии (вектор Пойнтинга) электромагнитного поля в изотропной среде (в частности - в вакууме). Понятие об импульсе и моменте импульса (угловом моменте) электромагнитного поля. Плоская линейно поляризованная электромагнитная волна в однородной диэлектрической среде (в частности - в вакууме). Частота волны, волновой вектор. Фазовая скорость волны. Коэффициент преломления среды. Поперечность плоской волны. Вектор Пойнтинга для плоской волны. Давление излучения. Проводящие среды. Экранировка, дебаевский радиус. Плазменная частота. Плоская электромагнитная волна в

проводящей среде. Скин-эффект. Распространение электромагнитных волн в "газе" осцилляторов. Дисперсия и затухание волн. Нормальная и аномальная дисперсии. Волновой пакет конечной протяженности. Групповая скорость. Формула Рэлея. Дисперсия электромагнитных волн в средах со свободными зарядами (металлы, плазма). Диэлектрическая проницаемость плазмы.

## 6. Электростатика.

Электрические заряды. Закон Кулона. Напряженность электрического поля. Единицы СИ и ГС измерения электрических величин. Принцип суперпозиции Поток векторного поля. Теорема Гаусса для электрического поля в вакууме. Электрическое поле заряженных тел: сферы, шара, нити, цилиндра, плоскости, слоя. Линейный интеграл и циркуляция векторного поля. Потенциальные и вихревые векторные поля. Потенциал электрического поля. Связь напряженности поля с градиентом потенциала. Проводники в постоянном электрическом поле. Граничные условия для электрического поля на заряженной поверхности проводника Электрический диполь. Потенциал и напряжённость поля электрического диполя. Уравнение Пуассона для потенциала постоянного электрического поля. Общая задача электростатики. Метод изображений. Электрические ёмкости. Конденсаторы. Энергия взаимодействия зарядов. Энергия электрического поля и ее локализация в пространстве. Сила, действующая на элемент поверхности проводника (давление электрического поля). Энергия диполя в электрическом поле и момент сил, действующих на диполь. Электрическая поляризуемость атомов и молекул. Вектор поляризации вещества (диэлектрика). Свободные и связанные заряды. Диэлектрическая восприимчивость и диэлектрическая проницаемость вещества. Индукция электрического поля. Энергия электрического поля в диэлектрической среде.

## 7. Элементы оптики.

Бегущие и стоячие электромагнитные волны. Электромагнитные волны в прямоугольных волноводах. Критическая частота волновода. Объёмный резонатор. Стоячие электромагнитные волны (моды электромагнитного излучения). ТЕ- и ТМ-волны. Отражение и преломление электромагнитных ТЕ- и ТМ-волн на границе раздела сред. Закон Снеллиуса. Формулы Френеля для коэффициентов отражения и прохождения. Угол Брюстера. Полное внутреннее отражение. Туннельный эффект. поляризации плоской волны. Затухание волны в среде. Поляроиды. Закон Малюса. Электромагнитные волны в анизотропных средах. Одноосные кристаллы. Двойное лучепреломление и поляризационные призмы. Пластинки в четверть волны и в половину волны. Поворот плоскости поляризации в магнитном поле (эффект Фарадея).

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Операционные системы UNIX**

#### **Цель дисциплины:**

- получение базовых знаний об организации операционных систем, разделении обязанностей между аппаратным обеспечением и ядром операционной системы. Рассмотрение концепций современных операционных систем производится на примере операционной системы Unix. Рассматриваются пользовательский интерфейс Unix, программирование на языке Unix Shell, использование системных вызовов для взаимодействия с ядром в программах на языке Си.

#### **Задачи дисциплины:**

- изучение основных концепций и принципов проектирования операционных систем. Рассмотрение взаимодействия ядра операционной системы с аппаратным обеспечением современных компьютеров;
- рассмотрение реализации основных концепций современных ОС на примере Unix (понятия процесс, планировщик процессов файл и др.);
- знакомство с командной оболочкой Unix Shell на уровне пользователя и программиста. Выполнение лабораторных работ по написанию Shell-скриптов. Выполнение лабораторных работ на других скриптовых языках, в том числе, sed и AWK;
- изучение основных системных вызовов Unix. Программирование на языке Си с использованием системных вызовов.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- основные компоненты ОС общего назначения, необходимые для её функционирования;
- основные команды, необходимые для уверенной работы в Unix Shell на уровне пользователя;
- управляющие операторы и управляющие конструкции Unix Shell, необходимые для написания shell-скриптов.

##### **уметь:**

- работать в командной оболочке Unix Shell, писать скрипты для Unix Shell, писать программы на языке Си с использованием системных вызовов ОС Unix.

#### **владеть:**

- приёмами программирования на скриптовых языках на примере Unix Shell, awk и sed.

#### **Темы и разделы курса:**

##### 1. Организация ОС Unix, командная оболочка ОС Unix

Основные особенности ОС UNIX. История UNIX. Версии UNIX. Многозадачность. Режим разделения времени. Виртуальная память. Многопользовательская ОС. UID и GID. Права доступа к файлам. Процессы. Выполняемые файлы. Атрибуты процессов. Файлы /etc/passwd, /etc/group и /etc/master.passwd. Login Shell. Домашняя директория.

Авторизация пользователей. Виды терминалов. Программа putty. Man. Управление терминалом с помощью stty. Файл termcap. Горячие клавиши. csh и sh. История. Bash. Переменные. Операторы присваивания. Встроенные и внешние команды. Спецкомментарий #!. PATH. Команда echo. Подстановки. Порядок подстановок. Экранирование символов. Запуск внешних команд shell-ом. Приглашение. Интерактивный shell. PS1 и PS2. Переменные окружения. Shell scripts. Файл .profile. Задача "hello".

Права доступа к файлам и директориям. Команды chown, chmod, chgrp. SUID -ные программы. Sticky bit. Файловые шаблоны. Перенаправление ввода/вывода. Условия в shell. Код возврата. Управляющие конструкции. Команда test. Группировка команд с помощью фигурных и круглых скобок. Чтение файлов с помощью команды read. Переменная IFS. Задача ФИО.

Файловые системы. Древоподобная структура оглавлений. Назначение основных директорий. Рабочая директория. Относительные и полные имена файлов. Команды работы с файлами. Имя переменной в фигурных скобках. Задание значения переменной по умолчанию. Редактирование значения переменной. Доступ к аргументам командной строки. Команда shift. Специальные переменные. Отладка программ на shell. Задача whichx.

Структура файловой системы. Inodes. Жесткие и мягкие ссылки. Типы файловых объектов. Оглавления . и .. . Корневая файловая система. Монтирование файловых систем. Фоновые процессы. Управление фоновыми процессами. Задача catslow.

Символьные и блочные устройства. Оглавление /dev. Создание файлов устройств. Разделы и слайсы. Подготовка жестких дисков для использования в ОС UNIX. Кэширование дисков. Команда sync. Сигналы. Причины возникновения сигналов. Дамп памяти. Обработка сигналов по умолчанию. Управляющий терминал. Сеансы. Задача execbg.

Программы работы с файлами: cp, mv, cat, split, head, tail, find, locate, xargs. Функции в shell. Команда source. Задача addpath

Пакетная обработка заданий. Cron. Формат файла crontab. Пользовательские crontab. Организация взаимного исключения доступа к файлам. Задача «отдел кадров»

Pipes. Фильтры. Примеры программ-фильтров. Временные файлы. Mktmp. Оглавление /tmp. Изменение номеров inodes при редактировании, копировании и перемещении файлов. Задача overwrite.

Команды работы с процессами: ps, top. Оглавление /proc. Приоритеты процессов. Команда nice. Регулярные выражения. Диалекты регулярных выражений. Программы обработки текстов: ed, sed, grep, cut. Задача frame.

Организация вычислений в shell. Команда exec. Команда env. Использование exec для перенаправления ввода/вывода. Команда expr. Хэш таблицы. Создание хэш таблиц в shell. Задача workers.

Форматы файлов. Команда File. Magic file. Библиотеки. Команда tar. Резервное копирование. Команды dump и restore. Инкрементный backup. Файл dumpdates. Алгоритм Ханойской башни. Команда dd. Учет работы пользователей в ОС Unix. Файлы utmp и wtmp. Команды who, w, finger, last, ac. Задача ucounter.

Awk. Селекторы и действия. Управляющие конструкции. Поля. Специальные переменные. Встроенные функции. Индексы массивов в awk. Селекторы BEGIN и END. Задача «частотный словарь».

Дисковые квоты. Grace period. ulimits. Виды пользовательских лимитов.

Perl. Скаляры, массивы и хэштаблицы. Основные управляющие конструкции. Суффиксы команд. Ввод/вывод. Встроенные функции. Специальные переменные. Ключи командной строки. Обработка файла на месте.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Органическая химия**

#### **Цель дисциплины:**

- формирование у студентов знаний об общих законах, связывающих строение и свойства органических веществ, изучение путей синтеза и реакционной способности органических соединений, а также их применения в физике, биологии, медицине, промышленности.

#### **Задачи дисциплины:**

- дать представление об особенностях строения и свойствах различных классов органических соединений, взаимосвязи органических веществ, а также о связи органических соединений с биологическими системами;

- определить пути синтеза, физические и химические свойства представителей основных классов органических соединений;

- обучить проводить анализ строения органического соединения (видеть особенности углеродного скелета, определять функциональные группы), прогнозировать свойства органических веществ по особенностям строения, а также находить наиболее простые пути синтеза органических веществ;

- обучить пониманию химических свойств органических соединений через механизмы реакций;

- обучить основным методам работы в лаборатории органического синтеза, методам очистки и идентификации органических веществ.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- основные положения современной теоретической органической химии;

- принципы классификации органических соединений;

- принципы систематической, рациональной и тривиальной номенклатуры;

- основные способы получения органических соединений различных классов, их физические и химические свойства, распространение в природе и применение; основные механизмы органических реакций, позволяющие объяснять протекание реакций, предсказывать направление реакций и условия их осуществления;

- методы выделения, очистки и идентификации органических соединений; качественные реакции на различные классы органических соединений и отдельные представители.

**уметь:**

- составлять формулы органических соединений по названиям и давать названия веществам по структурным формулам согласно номенклатуре;
- определять принадлежность к классу органических соединений;
- приводить уравнения соответствующих химических реакций;
- использовать знания механизмов органических реакций для объяснения протекания реакций и предсказания условий их проведения;
- пользоваться химической литературой (справочной, научно-периодической и др.).

**владеть:**

- основными терминами органической химии;
- методами исследования свойств различных классов органических соединений.

**Темы и разделы курса:**

1. Теоретические представления в органической химии.

Теории строения органических соединений (теория радикалов, теория типов, теория Бутлерова), природа химической связи (с точки зрения электронной теории Льюиса), типы ковалентной связи (понятие о  $\sigma$ - и  $\pi$ -связях). Номенклатура органических соединений: тривиальная, рациональная, систематическая номенклатура ИЮПАК, радикально-функциональная номенклатура.

Внутримолекулярные электронные эффекты (понятие об индуктивном эффекте, эффекте поля, мезомерном эффекте, сопряженных системах и видах сопряжения, эффекте сверхсопряжения). Резонансные структуры. Понятие о гибридизации, особенности атома углерода в различных гибридных состояниях. Классификация органических соединений по остовам и функциональным группам.

2. Предельные углеводороды. Алканы. Циклоалканы.

Классификация органических соединений. Гомологический ряд предельных углеводородов, нахождение в природе, применение в промышленности. Особенности изомерии, номенклатура. Методы получения алканов: а) без изменения углеродной цепи (гидрирование непредельных углеводородов, восстановление галогеналканов; б) с уменьшением цепи (щелочное плавление солей карбоновых кислот - реакция Дюма), в) с увеличением цепи (реакция Вюрца-Шорыгина, электролиз солей карбоновых кислот - реакция Кольбе). Химические свойства (механизм реакций радикального замещения, особенности галогенирования, окисления, сульфюокисления, сульфюхлорирования,

нитрования по Коновалову, парофазного нитрования, термического и каталитического крекинга). Гетеролиз алканов. Карбокатионы, их устойчивость и основные превращения.

### 3. Непредельные углеводороды. Алкены.

Непредельные углеводороды. Алкены. Гомологический ряд алкенов, нахождение в природе, применение в промышленности. Особенности изомерии, номенклатура, методы получения (промышленные и лабораторные, стереоселективное получение цис- и транс, химические свойства: механизм реакций электрофильного замещения (AdE) – общее представление о механизме реакции,  $\sigma$ - и  $\pi$ -компесах, стерео- и региоселективность на примерах галогенирования, гидрогалогенирования, гидратации, понятие о карбокатионе, скелетные перегруппировки; механизм реакций радикального присоединения по кратной связи на примере гидробромирования по Харацу; механизм реакций радикального замещения в аллильное положение на примерах реакций бромирования с NBS, а также парофазного хлорирования по Львову; особенности мягкого окисления (по Вагнеру, Криге, Прилежаеву) и жесткого окисления (окислительный и восстановительный озонлиз, жидкофазное окисление); реакции полимеризации алкенов.

### 4. Непредельные углеводороды. Алкадиены. Алкины.

Непредельные углеводороды. Алкадиены. Три типа диеновых углеводородов. Номенклатура. Углеводороды с сопряженными двойными связями: дивинил, изопрен. Природа сопряжения. Способы получения дивинила и изопрена. Физические свойства. Химические свойства диенов с сопряженными двойными связями: реакции 1,2- и 1,4-присоединения (кинетический и термодинамический контроль). Механизм электрофильного присоединения к диенам.

Особенности строения тройной связи, свойства и особенности гибридизации  $sp$ -гибридного атома углерода. Нахождение алкинов в природе, применение в промышленности. Изомерия, номенклатура, промышленные и лабораторные методы получения (карбидный метод, синтез через реактивы Иощича и другие соли алкинов, дегидрогалогенирование геминальных и вицинальных дигалогенпроизводных углеводородов, дегалогенирование тетрагалогенпроизводных углеводородов, дегидратация геминальных диолов). Химические свойства: реакции электрофильного присоединения (AdE) (особенности, отличия от алкенов), реакции нуклеофильного присоединения (реакция Фаворского, взаимодействие с синильной кислотой в присутствии ее солей, взаимодействие с солями карбоновых кислот), проявление C-H кислотности терминальных алкинов (взаимодействие с карбонильными соединениями, образование солей, ацетилен-алленовая перегруппировка Фаворского), реакции димеризации и ароматизации ацетилена и терминальных алкинов, реакции окисления и региоселективного восстановления.

### 5. Ароматические углеводороды.

Понятие об ароматичности по Хюккелю, правила ароматичности и их обоснование. Энергия стабилизации (резонанса). Антиароматичность на примере циклобутадиена, циклопропильного аниона, катиона циклопентадиенилия. гомологический ряд бензола, особенности строения бензольного кольца, формула Кекуле и современная запись ароматического кольца. Классификация аренов. Физические особенности ароматических углеводородов (электромагнитные характеристики). Методы получения (из бензойной кислоты и ее солей, синтез Вюрца-Фиттига, алкилирование бензола по Фриделю-Крафтсу-

Густавсону, синтез по Зелинскому, синтез по Реппе). Химические свойства: реакции электрофильного замещения (механизм, влияние заместителей на направление электрофила, классификация заместителей) на примерах реакций галогенирования, нитрования, сульфирования, алкилирования, ацилирования и по Фриделю-Крафтсу. Правила ориентации: ориентанты первого и второго рода: объяснение ориентации заместителей действием статического и динамического факторов, согласованная и несогласованная ориентация двух или нескольких заместителей в ароматическом кольце. Радикальные реакции аренов, реакции окисления с разрушением и сохранением бензольного кольца

#### 6. Стереохимия органических молекул

Понятие об оптической активности, плоскополяризованном свете, удельном вращении, хиральности, асимметрическом атоме углерода. Классификация оптически активных соединений по шкале Фишера и Кана-Ингольда-Прелога, понятие об относительной и абсолютной оптической конфигурации. Правила определения старшинства заместителей по Кану-Ингольду-Прелогу. Методы определения оптической конфигурации хирального центра (в плоскостных проекциях Фишера, с помощью пространственных формул) Виды оптической изомерии для соединений, содержащих один и несколько хиральных центров (энантиомеры, диастереомеры, эпимеры), понятие об эритро-, трео- и мезоформах.

#### 7. Галогенпроизводные углеводороды.

Номенклатура, изомерия и особенности строения. Общие методы синтеза галогеналканов: замещение атома водорода, реакции присоединения по кратным связям, замещение гидроксильной группы спиртов, замещение кислорода кетонов, декарбоксилирование производных карбоновых кислот. Причины высокой реакционной способности галогеналканов, реакции нуклеофильного замещения в синтезе различных классов (спиртов, простых и сложных эфиров, тиолов, тиоэфиров, аминов, нитрилов и других функциональных производных). Особенности химических свойств: механизм и особенности реакций моно- и бимолекулярного нуклеофильного замещения ( $SN_1$  и  $SN_2$ ) (количество стадий, порядок, стереохимия; влияние природы галогеналкана, растворителя и нуклеофила на молекулярность процесса). Конкуренция реакций элиминирования: механизмы моно- и бимолекулярного элиминирования ( $E_1$  и  $E_2$ ), их стереохимические особенности, особенности механизма  $E1cb$ . Правила Зайцева и Гофмана. Влияние различных факторов процесса на соотношение продуктов замещения и элиминирования.

#### 8. Алифатические и ароматические спирты.

Классификация спиртов, особенности строения функциональной группы. Физические свойства (понятие о водородных связях), зависимость температуры кипения от строения спиртов. Методы получения одноатомных и многоатомных спиртов. Химические свойства: проявление кислотности при взаимодействии с сильными основаниями (сравнительный ряд кислотности с другими классами соединений), основность спиртов. Теория кислот и оснований. Сопряженные кислоты и сопряженные основания. Понятие о жестких и мягких кислотах и основаниях Пирсона-Льюиса), реакции спиртов как слабых нуклеофилов (при взаимодействии с карбонильными соединениями, карбоновыми кислотами и их производными), окисление спиртов до карбониллов и карбоновых кислот. Присоединение спиртов к олефинам, ацетиленам, непредельным карбоновым кислотам.

Ароматические спирты. Особенности строения. Методы получения фенолов (кумольный, из солей сульфоновых кислот и другие). Химические свойства: реакции с участием гидроксильной группы (образование солей, реакция Вильямсона, перегруппировка Клайзена), реакции ароматического ядра с сильными электрофилами (механизмы реакций электрофильного замещения) на примере галогенирования, нитрования, сульфирования, ацилирования), реакции восстановления, реакции окисления (механизм радикального процесса окисления, влияние радикалов).

## 9. Карбонильные соединения

Особенности строения карбонильной группы. Номенклатура. Методы получения альдегидов и кетонов. Реакции нуклеофильного присоединения по карбонильной группе, механизм реакции нуклеофильного присоединения AdN. Реакции с сильными нуклеофилами: циангидринный синтез, получение бисульфитных производных, синтез Гриньяра, взаимодействие с аммиаком и его производными, перегруппировка Бекмана. Понятие об основаниях Шиффа. Реакции альдегидов и кетонов со слабыми нуклеофилами: спиртами, меркаптанами, водой, взаимодействие с пентахлоридом фосфора, самоконденсация альдегидов. Кето-енольная таутомерия. Реакции протекающие через образование енольных форм альдегидов и кетонов: альдольно-кетоновая конденсация, реакция Манниха, галогенирование, галоформная реакция,  $\alpha$ -бромирование кетонов. Окисление кетонов и альдегидов: окисление кетонов с разрывом C-C-связей, окисление по  $\alpha$ -атому углерода, окисление кетонов сильными окислителями, окисление альдегидов слабыми окислителями: реактивом Толленса, фелинговой жидкостью, диоксидом селена, надкислотами (реакция Байера-Виллигера).

## 10. Карбоновые кислоты.

Одноосновные предельные карбоновые кислоты. Особенности строения карбоксильной группы: распределение электронной плотности  $-I$  и  $+M$  эффекты и ее влияние на химические свойства карбоновых кислот. Подвижность  $\alpha$ -водородного атома. Карбоксилат-ион, причины его устойчивости. Основные методы синтеза (окисление углеводов, первичных спиртов, гликолей, альдегидов, кетонов, синтеза с металлоорганическими соединениями, гидролиз производных карбоновых кислот, металлокомплексный синтез). Химические свойства: кислотные (при взаимодействии с сильными нуклеофилами), взаимодействие со слабыми нуклеофилами по механизму AdN-SN (реакция этерификации, образование надкислот, образование хлорангидридов и ангидридов кислот,  $\alpha$ -галогенирование по Геллю-Фольгарду-Зелинскому).

Предельные дикарбоновые кислоты. Общие методы синтеза. Особенности дикарбоновых кислот: щавелевой кислоты (реакции термического, кислотного и окислительного декарбоксилирования), малоновой (получение и применение натриймалонического эфира, декарбоксилирование, реакция Кневенагеля), янтарной (реакция Штоббе, получение и применение сукцинимидов), адипиновой и пимелиновой (реакция Дикмана).

Оксикислоты. Способы получения. Особенности химических свойств: взаимовлияние гидроксо- и карбоксильной групп, получение лактидов и лактонов. Селективное восстановление гидроксо-группы. Лимонная кислота.

Оксокислоты. Способы получения  $\alpha$  (на примере пировиноградной кислоты) и  $\beta$  (на примере ацетоуксусной кислоты) оксокислот. Особенности химических свойств  $\beta$ -оксокислот и их эфиров.

#### 11. Производные карбоновых кислот.

Понятие об ацилирующих агентах и реакциях ацилирования. Ряд производных карбоновых кислот по ацилирующей способности.

Соли карбоновых кислот. Химические свойства: реакции с нуклеофильными реагентами, перегонка солей карбоновых кислот, реакция Кольбе, синтез Дюма, реакция Хунддиккера-Бородина, взаимодействие с реактивами Гриньяра, методы превращения солей в сильные ацилирующие агенты. Мыла.

Сложные эфиры. Особенности строения сложноэфирной группы. Способы получения: реакция этерификации по Фишеру, реакция Тищенко, карбоксилирование ацетиленов. Химические свойства: восстановление литийалюмогидридом, по Буво-Блану, реакция Реформатского. Сложноэфирная конденсация (реакция Клайзена). Ацетоуксусный эфир: методы получения, особенности химических свойств (образование солей, алкилирование и ацилирование, кетонное и кислотное расщепление, взаимодействие с непредельными соединениями как донор Михаэля).

Амиды, нитрилы. Основные способы получения. Химические свойства амидов и нитрилов: гидролиз, восстановление с алюмогидридом лития, взаимодействие с реактивами Гриньяра. Особенности химических свойств амидов: образование циклических амидов – лактамов, гидролиз амидов, дегидратация амидов, восстановление до аминов, реакция нитрозирования, реакция дегидратации, перегруппировка амидов по Гофману. Особенности нитрилов: гидролиз, алкоголиз, аммонолиз нитрилов, реакции с металлоорганическими соединениями, восстановление до аминов.

Галогенангидриды и ангидриды как ацилирующие агенты. Методы получения. Химические свойства: гидролиз, алкоголиз, аминолиз, восстановление по Розенмунду, взаимодействие с реактивами Гриньяра, реакция Арндта-Эйстера.

#### 12. Амины.

Классификация и номенклатура аминов. Строение аминогруппы. Зависимость нуклеофильных и основных свойств аминов от строения аминов. Амины как кислоты и основания. Сравнительная характеристика кислотно-основных свойств первичных, вторичных и третичных аминов. Основные способы получения алифатических аминов (аммонолиз спиртов и алкилгалогенидов, синтез Габриэля, реакция Гофмана, перегруппировка Курциуса, восстановительное амминирование кетонов и альдегидов, присоединение аммиака к  $\alpha,\beta$ -непредельным альдегидам, реакция Манниха, восстановление амидов, нитрилов, азидов, оксимов и нитросоединений, метод Эшвайлера-Кларка, Лейкарта). Качественные реакции на первичные, вторичные и третичные амины (взаимодействие с азотистой кислотой, тест Хунддиккера). Нуклеофильность и основность аминов. Алкилирование и ацилирование аминов. Взаимодействие с карбонильными соединениями (получение иминов и енаминов). Окисление аминов.

#### 13. Аминокислоты.

Классификация аминокислот, ряд незаменимых аминокислот. Методы синтеза (аммонолиз галогенпроизводных карбоновых кислот, синтез Габриэля, синтез с помощью малонового

эфира, синтез Штреккера). Особенности строения (способность существования как биполярных ионов, понятие об изоэлектрической точке). Оптическая активность аминокислот, природные изомеры. Химические свойства аминокислот: реакции, протекающие по амино-группе (образование N-ацильных производных (метод карбобензоксизащиты), образование оснований Шиффа, взаимодействие с реактивом Сенгера (2,4-динитрофторбензолом), реакция Эдмана, метод количественного определения амино-группы по Ван-Слайку, по Серенсену, ацилирование по Шоттену-Бауману, дезаминирование), реакции, протекающие по карбоксильной группе (образование солей и внутрикомплексных соединений, этерификация по Фишеру, образование галогенангидридов, пептидных связей, межмолекулярное ацилирование, реакции декарбоксилирования). Качественные реакции  $\alpha$ -аминокислот: нингидринная, биуретовая, ксантопротеиновая.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Основы клеточных технологий**

#### **Цель дисциплины:**

- освоение студентами базовых представлений о научных задачах в области современных клеточных технологий с использованием клеток млекопитающих, методах культивирования и анализа клеток для решения разных задач, методах получения клеточных линий человека и животных, методах идентификации клеток и клеточных продуктов, методов использования клеточных технологий в доклинических исследованиях противоопухолевых препаратов, методов получения стволовых клеток разных типов для использования в регенеративной медицине.

#### **Задачи дисциплины:**

- формирование базовых знаний о клеточных технологиях, используемых в доклинических исследованиях;
- формирование базовых знаний о методах идентификации клеток и клеточных продуктов;
- формирование базовых знаний о стволовых клетках и их использовании в регенеративной медицине.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- фундаментальные понятия, описывающие строение клеток и пути межклеточных коммуникаций; □ механизмы гибели клеток и роль их изменений в формировании устойчивости клеток;
- сигнальные системы клеток и их роль в регуляции клеточной активности;
- основы иммунохимических методов, иммуноферментного анализа и проточной цитометрии;
- основные клеточные технологии при доклинических исследованиях противоопухолевых препаратов;
- основные клеточные технологии для регенеративной медицины.

**уметь:**

- рассчитывать параметры проведения экспериментов с использованием клеточных культур;
- выбирать методы характеристики и количественной оценки исследуемых клеток в соответствии с решаемыми задачами;
- анализировать результаты, полученные в клеточных исследованиях;
- эффективно использовать современные информационные технологии и ресурсы для получения необходимых знаний области клеточных технологий.

**владеть:**

- специальной терминологией в области клеточной биологии;
- методиками культивирования клеток, идентификации и сепарации клеток, основами анализа экспрессии генов;
- основными методами применения клеточных технологий в доклинических исследованиях противоопухолевых препаратов и в регенеративной медицине.

**Темы и разделы курса:**

1. Строение клетки и пути межклеточных коммуникаций. Рецепторы и цитокины. Рецептор-опосредованный эндоцитоз.

Характеристика строения клетки. Представление о рецепторах, их строении и локализации в клетке. Механизмы взаимодействия клеток. Аутокринная и паракринная регуляция. Цитокины и гормоны в регуляции активности клеток. Рецепторы в межклеточных взаимодействиях. Рецептор-опосредованный эндоцитоз.

2. Рецепторы и сигнальные системы клеток, как основа регуляции клеточной активности.

Пути взаимодействия сигнальных молекул с клеткой. Механизмы передачи сигнала от рецептора в клетку и пути регуляции активности клеток. Основные сигнальные системы клеток. Регуляция пролиферации клеток. Роль белков сыворотки при культивировании клеток.

3. Механизмы клеточной гибели, их роль в устойчивости клеток к повреждающим воздействиям. Старение клеток.

Представления о программируемой гибели клеток. Апоптоз, некроз, аутофагия и другие формы гибели клеток в физиологических условиях и при действии повреждающих факторов. Про- и антиапоптотические белки в формировании устойчивости клеток к повреждающим факторам, их роль в формировании устойчивости клеток. Формы и маркеры старения клеток. Секретция синелинов и их влияние на клеточное окружение.

4. Основы культивирования клеток и получения клеточных линий.

Получение геномодифицированных клеточных линий для анализа активации экспрессии исследуемых генов.

5. Анализ экспрессии маркерных генов с помощью ОТ-ПЦР (полимеразной цепной реакции с обратной транскрипцией). Представление о методе и его использовании.

В рамках знакомства с методами исследования активности клеток и их функций рассмотрено использование метода полимеразной цепной реакции с обратной транскрипцией для анализа экспрессии генов. Представление о необходимом оборудовании. Базы данных для выбора условий проведения исследования. Анализ структуры исследуемого гена. Выбор и проверка праймеров. Выбор условий проведения исследования. Обработка результатов. Анализ продукта реакции с помощью электрофореза.

6. Основы иммуноцитохимических методов в клеточных технологиях. Поликлональные и моноклональные антитела и способы их получения.

Представление об иммунохимических методах. Необходимое оборудование. Основные этапы и варианты анализа. Типы используемых антител. Представление о получении поликлональных и моноклональных антител. Флуоресцентные и радиоактивные метки в иммуноцитохимическом анализе. Иммуногистохимия.

7. Основы иммуноферментного анализа.

Основы иммуноферментного анализа и проблемы, решаемые с его использованием в клеточных исследованиях.

8. Использование световой, флуоресцентной и конфокальной микроскопии.

Задачи, решаемые с использованием световой, флуоресцентной и конфокальной микроскопии в клеточных исследованиях.

9. Проточная цитометрия для идентификации и характеристики клеток и исследования их функций.

Выделение клеток определенных типов с использованием цитометров с функцией сортировки клеток.

10. Экзосомы – природные наночастицы. Природоподобные технологии получения лекарств на их основе. Перспективы диагностических исследований с использованием экзосом.

Рассмотрены представления об образовании и способах характеристики экзосом и представления о других внеклеточных везикулах. Состав и функции экзосом. Способы получения и хранения экзосом. Перспективы использования экзосом в диагностике и лечении (онкологические заболевания, сердечно-сосудистые заболевания, нейродегенеративные заболевания) и стимуляции процессов регенерации. Использование экзосом в качестве “контейнеров” для доставки лекарственных препаратов.

11. Клеточные технологии в доклинических исследованиях при создании противоопухолевых препаратов.

Получение и использование геномодифицированных линий опухолевых клеток для изучения активности противоопухолевых препаратов. Иммунодефицитные животные в доклинических исследованиях.

12. Стволовые клетки.

Эмбриональные и регионарные стволовые клетки. Их типы и использование в регенеративной медицине. Перспективы создания искусственных органов.

13. Индуцированные плюрипотентные клетки.

Перспективы использования в диагностических исследованиях в персонализированной медицине.

14. Клетки иммунной системы человека в противоинфекционной и противоопухолевой защите.

Клетки иммунной системы человека в противоинфекционной и противоопухолевой защите и перспективы их получения и использования клеточных терапевтических препаратов иммунных клеток.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Основы когнитивных наук**

#### **Цель дисциплины:**

- изучение научных принципов и методов исследования когнитивных процессов, подготовка к дальнейшему профессиональному использованию этих знаний при разработке перспективных конвергентных технологий.

#### **Задачи дисциплины:**

- ознакомление студентов с базовыми теоретическими понятиями и методическими процедурами в области когнитивных наук и технологий;
- демонстрация практического значения междисциплинарных исследований, направленных на изучение когнитивных процессов у человека;
- выработка навыков самостоятельного поиска и оценки информации в области когнитивных наук и технологий;
- подготовка к экспериментальным исследованиям когнитивных процессов у человека в кооперации с представителями когнитивных наук – антропологами, психологами, лингвистами, физиологами, разработчиками систем искусственного интеллекта и робототехники.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- основные этапы научного изучения сознания, восприятия, внимания, памяти и других когнитивных процессов;
- основные проблемы и естественнонаучные методы современных междисциплинарных исследований когнитивных процессов у человека;
- теоретические модели и эмпирические закономерности развития и распада когнитивных процессов у человека;
- основные подходы к математическому описанию и техническому моделированию когнитивных процессов;
- о необходимости учета когнитивных характеристик человека при разработке технических систем, прямо или косвенно предназначенных для взаимодействия с человеком.

**уметь:**

- использовать на практике теоретические понятия и известные эмпирические закономерности современных когнитивных наук;
- выделять естественнонаучный аспект задачи, абстрагируясь от несущественных и субъективных влияний на проблемную ситуацию;
- находить общий методический подход, необходимый для решения задач в области когнитивной эргономики и инженерии человеческого фактора;
- работать на современном экспериментальном оборудовании, предназначенном для когнитивных исследований.

**владеть:**

- многофакторным планированием экспериментов в когнитивных исследованиях и математико-статистическим аппаратом обработки их результатов;
- навыками психофизических измерений;
- навыками общения с представителями когнитивных наук – антропологами, психологами, лингвистами, нейрофизиологами, разработчиками систем искусственного интеллекта и робототехники;
- навыками самостоятельного поиска данных когнитивных исследований в журнальных публикациях и Интернете, а также оценки научной надежности этих данных.

**Темы и разделы курса:**

## 1. Архитектура интеллекта человека.

## Ограниченная рациональность человека.

Подходы к описанию интеллекта в исторической антропологии, психометрике, исследованиях развития, информатике и нейроинформатике. Высшие когнитивные процессы: концептуальные структуры и метакогнитивные координации. Механизмы воображения. Особенности решения малых мыслительных задач. Гипотеза лингвистической относительности: данные, подтверждающие эту гипотезу в варианте «мышление для речи». Теории Пиаже и Выготского. Индивидуальная теория психики (Theory of Mind). Критика представлений о развитии ментальной логики в исследованиях процессов умозаключений: задача селекции Уайзена, Monty Hall Dilemma, проблемы с решением задач в вероятностном формате данных. Ограниченная рациональность человека по Канеману. Эвристики доступности и репрезентативности. Эффект эмоционального обрамления. Моральные эвристики.

## Вертикальное и горизонтальное измерения интеллекта.

Когнитивно-аффективные процессы. Вертикальное измерение интеллекта по Б.М. Величковскому: уровни когнитивной организации от А до F, их функции и нейрофизиологический субстрат. Синдромы выпадения уровней. Возможные генетические

механизмы: синдром Уильямса и расстройства аутистического спектра. Горизонтальное измерение эмоционально-мотивационной сферы по Панксеппу: системы SEEKING, LUST, CARE, PANIC, FEAR, RAGE, PLAY. Роль нейротрансмиттеров. Типичные дисфункции и нарушения. Исследования механизмов стресса в биологии и психологии. Роль когнитивной оценки ситуации. Проблема индивидуальной стрессоустойчивости человека.

## 2. Внимание и проблема сознания.

Внимание и действие.

Активность познания: исследования активного зрения и осязания. Виды движений глаз, их мозговые механизмы. Сложности с определением понятия «внимание». «Внешнее и внутреннее», «произвольное и рефлексорное» внимание. Внимание как фильтр. Эксперименты по селективному слушанию. Эффект беседы за коктейлем. Эффект октавы. Внимание как умственное усилие. Представление об ограниченном пуле ресурсов обработки информации. Позитивные и негативные эффекты внимания. Слепота невнимания. Эффекты слепоты к изменению. Внимания как когнитивный контроль. Теория трех систем внимания Познера. Диссоциация эффектов сознания и внимания.

Модели и методы изучения сознания.

Спекулятивные теории сознания в психоанализе и философии. Понятие картезианского театра Декарта, «оружейная» и «сталинская» теории сознания. Нейрофизиологические теории частотного кодирования Зингера, Крика и Коха. Понятие когнитивных автоматизмов. Подходы к операциональному различению сознательных и бессознательных процессов: методика проигрыша-выигрыша Познера-Снайдера, сопоставление наклонов функций положительных и отрицательных ответов в задачах поиска, методика диссоциации процессов Джэкоби. Уровневые эффекты в феноменах слепого зора (blind sight) и игнорирования полупространства. Место сознания в теории уровней построения движений Бернштейна.

## 3. История и современное состояние когнитивных исследований.

Философские и естественнонаучные основания когнитивных исследований.

Эмпиризм и рационализм в трактовке познания: Декарт, Локк, Юм, Лейбниц и Кант. Попытка натурфилософского синтеза. Возникновение физиологии, лингвистики и экспериментальной психологии: Вильгельм Гумбольдт, Гельмгольц и Сеченов. Психология сознания Вундта и ее критика: психоанализ, бихевиоризм и гештальтпсихология. Культурно-исторические течения. Нейропсихология Лэшли, Хэбба и Лурия. Возникновение когнитивного подхода. Роль «картезианской лингвистики» Хомского и математической теории коммуникации Шеннона-Уивера.

Основные подходы и проблемы современной когнитивной науки.

Три базовые теоретические модели: компьютерная метафора, модулярность познания и иерархические модели. Описательные исследования в антропологии, лингвистике и генетике. Экспериментальные исследования познавательных процессов в психологии и, отчасти, лингвистике. Развитие нейрокогнитивных методов и теоретических моделей: когнитивные нейронауки. Когнитивная геномика. Проблемы искусственного интеллекта и

вычислительный подход. Усиливающееся практическое значение когнитивных исследований. Когнитивная наука и конвергентные (НБИК) технологии. Практическое значение когнитивных исследований в эргономике, инженерии человеческого фактора и повседневной жизни. Когнитивная эргономика и нейроэргономика. Исследования невербальной памяти и создание графических интерфейсов пользователя. «Ограниченная рациональность» человека по Канеману. Перцептивные и когнитивные иллюзии. Иронии автоматизации и возможности их преодоления: когнитивные интерфейсы.

#### 4. Концептуальные структуры, язык и речевое общение.

Психосемантика.

Подходы к проблеме значения в логике, лингвистике, психологии и нейрофизиологии. Семантические сети и пространства. Латентный семантический анализ. Понятия базового уровня по Рош. Роль отдельных примеров и ситуативных факторов. Межкатегориальная организация знаний: онтологии и схемы. Репрезентация невербального знания и пространственного окружения: когнитивные карты и коллажи. Сценарии и грамматики историй. Глобальные когнитивные модели. Наивные модели мира: физика и психология обыденного сознания. Фундаментальная ошибка атрибуции. Культурная антропология и межкультурные исследования веры в сверхъестественное.

От фонетики к прагматике речи.

Разнообразие языков и их эволюция. Возможные генетические механизмы. Язык и речь. Восприятие и порождение речи. Фонология и просодика. Теория речевых действий. Развитие навыков чтения. Нейропсихологические синдромы и модели. Когнитивные исследования грамматики. Критика трансформационной модели Хомского в психологии и когнитивной лингвистике. Теория глубинных семантических ролей, грамматики конструкций. Прагматика коммуникативных ситуаций. Принцип кооперативности Грайса. Несовпадение значения и смысла: исследование метафорической речи. Теория ментальных моделей Джонсон-Лэйрда. Пропозициональные установки. Теория ментальных пространств Фоконье.

#### 5. Методы современных когнитивных исследований.

Общие принципы и основы планирования.

Проблемы валидности и надежности методов, экологическая валидность исследований в когнитивной науке. Создание реалистических и одновременно контролируемых условий с помощью систем виртуальной реальности. Наблюдение, эксперимент и квазиэксперимент в когнитивных исследованиях. Основы факторного планирования эксперимента. Методы видеорегистрации и анализа поведения. Современные системы регистрации движений глаз («айтрекинг») и изменений диаметра зрачка. Психофизиологические методы анализа кардиоваскулярной активности и кожно-гальванических реакций.

Инвазивные и неинвазивные методы нейрокогнитивных исследований активности головного мозга человека. Микроэлектродное отведение активности нейронов. Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) и методика вызванных потенциалов (ВП/ ERP). Магнитоэнцефалограмма (МЭГ). Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ). Методы, основанные на эффекте ядерного магнитного резонанса: МРИ, ДТИ, фМРИ и МРС.

Проблемы с методом вычитания. Метод транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС). Новые подходы, такие как НИРС, МИТ и АВІ – Analyzer-Based X-ray Imaging. Молекулярный имаджинг. Геномные исследования в когнитивной науке: перспективы молекулярной психологии.

6. Примеры и перспективы практического применения когнитивной науки в конвергентных технологиях.

Когнитивные технологии.

Понятие когнитивных технологий как части НБИК развития. Ранние примеры когнитивных технологий на пересечении с информатикой: графические интерфейсы пользователя и системы виртуальной реальности. Примеры второго поколения когнитивных технологий: 1). Интерфейсы, чувствительные к вниманию пользователя (Инфо-Когно); 2). Интермодальные интерфейсы на базе новых наноматериалов (Нано-Инфо-Когно); 3). Методы экспликации сознания и диагностики эмоций (Био-Инфо-Когно); 4). Методы распознавание жестов (Инфо-Когно); 5). Антропоморфные агенты / аватары (Инфо-Когно); 6). Методы когнитивной геномики и когнотропные субстанции (Био-Нано-Когно); 7). Нейромаркетинг, нейроэкономика и нейроэргономика (Био-Когно); 8). Методы молекулярного “ремонта” памяти человека (Био-Нано-Когно).

Искусственный интеллект и человеческий разум.

Перспективы моделирования когнитивных процессов и возникающие при этом проблемы. Тест Тьюринга. Проблема «заземления» символических преобразований. Китайская комната Сёрля. Гипотеза телесности познания. Проблема Юма. Проблема идентификации субъекта деятельности, принятия решений и контроля действий в нейрокогнитивных исследованиях. Моральная ответственность исследователя за исследования и разработки, ведущие к экспликации состояний сознания и контролю поведения.

7. Сенсорные системы и процессы восприятия.

Сенсорно-перцептивная организация человека и ее эволюция.

Пластичность и избыточность в организации сенсорно-перцептивных систем. Нейронные механизмы и теория Фурье-разложения. Интермодальные эффекты и синестезии. Схема тела. Разновидности боли и проблема фантомных конечностей. Кожно-тактильная чувствительность. Эксперименты с резиновой рукой и субъективной сменой тела. Проблема зрительно-вестибулярных взаимодействий в авиации, космонавтике и системах виртуальной реальности. Зрительно-акустические эффекты: эффект Мак-Гурка в экспериментах с видимой речью (visible speech). Ограниченность эффектов «зрительного плена». Теории квантованного и непрерывного перцептивного времени.

Восприятие пространственных и динамических характеристик объектов.

Современный статус законов перцептивной организации гештальтпсихологии. Понятие системы отсчета и эксперименты Дункера с индуцированным движением. Иллюзии восприятия движения. Восприятие удаленности и глубины. Стереогаммы Юлеза. Теория двух зрительных систем: восприятие «где» и восприятие «что». Дорзальный и вентральный потоки переработки сенсорной информации в зрительной, слуховой и соматосенсорной

коре. Данные нейробиологии и уточнение функций дорзального потока в экспериментах на восприятии крутизны холмов и оптико-геометрических иллюзий.

Восприятие индивидуальных характеристик предметов и их поверхностей. Зависимость от привычной пространственной ориентации: эксперименты Рока с одновременным яркостным контрастом и эффект Тэтчер. Проблемы «простого и сложного», «локального и глобального» в восприятии формы. Эффект превосходства объекта. Вклад задних отделов левого и правого полушарий. Модулярная организация механизмов вентрального потока. Восприятие общего смысла ситуации. Механизмы социального восприятия. Эффекты биологического движения. Восприятие лица и эмоций. Роль контактов «глаза-в-глаза». Нейрокогнитивные эксперименты с антропоморфными агентами (аватарами).

## 8. Структура памяти и процессы обучения.

Системы памяти человека.

Разнообразие мнестических эффектов: эксплицитная и имплицитная память. Специфика памяти человека: роль «внешней памяти» (культурных артефактов) и когнитивного контроля. Воспроизведение и узнавание. Кривая забывания Эббингауза. Классические эффекты края и их интерпретация. Трехкомпонентные модели: сенсорная, кратковременная и долговременная память. Роль проговаривания и семантического кодирования. Память на сложный зрительный материал. Модификация модели: понятие рабочей памяти.

Семантическая и эпизодическая память. Амнезия на источник полученной информации. Теория специфического кодирования Тулвинга. Теория уровней обработки Крэйка. Современные многоуровневые модели. Нейропсихологические и нейрофизиологические подходы. Роль NMDA-синапсов. Особенности нейрогенеза структур гиппокампа.

Обучение и обучаемость.

Множественность форм обучения у человека: настройка (tuning) автоматизмов, накопление и преобразование знаний. Теории формирования навыков. Мнемотехника. Амнезии в клинике и в обыденной жизни. Посттравматический синдром (PTSD). Развитие памяти и обучения в онтогенезе. Специфика возрастных изменений памяти в норме и патологии. Генетические и нейрофизиологические механизмы нейродегенеративных заболеваний. Аллель APOE ε4 и болезнь Альцгеймера. Роль когнитивного контроля и социальной поддержки.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Подходы электронной и зондовой микроскопии для исследования биотехнических систем**

#### **Цель дисциплины:**

- освоение студентами электронно-микроскопических методов исследования структуры белковых макромолекул, вирусов, полимерных, биологических и медицинских материалов. Будут представлены методики подготовки образцов, методы исследований с использованием растровых и просвечивающих криогенных электронных микроскопов, фокусированных ионных пучков, микроскопии в условиях естественной среды, а также новые методы обработки изображений, в частности трехмерную реконструкцию изучаемых объектов.

#### **Задачи дисциплины:**

- формирование базовых знаний о методах определения микроструктуры объектов с использованием криогенной электронной микроскопии, микроскопии в режиме естественной среды;
- формирование базовых знаний о методах подготовки образцов для исследований методами криогенной электронной микроскопии, микроскопии в режиме естественной среды;
- формирование базовых знаний о методах обработки и интерпретации экспериментальных данных, получаемых в процессе исследований.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- устройство просвечивающего криогенного электронного микроскопа,
- условия получения и формирования изображений, влияние дефокусировок, передаточной функции прибора, корректоров сферической аберрации;
- методики подготовки образцов для криогенной электронной микроскопии;
- методики обработки данных для восстановления трехмерных структур изучаемых объектов;

- возможности оценки пространственного разрешения полученных трехмерных реконструкций;
- устройство растровых электронно-ионных микроскопов, включая криогенные;
- возможности определения структуры биоматериалов и полимеров с использованием растровых электронно-ионных микроскопов.

**уметь:**

- определять структуру белков, вирусов и макромолекул методами одиночных частиц и крио-электронной томографии;
- готовить образцы для исследований методами крио электронной микроскопии;
- использовать фокусированные ионные пучки подготовки образцов и получения трехмерной реконструкции материалов, включая криогенный режим
- использовать программное обеспечение для восстановления трехмерной структуры материалов, включая полимеры.

**владеть:**

- специальной терминологией в области электронной микроскопии;
- методиками построения моделей к описанию взаимодействия электронов с веществом;
- основными методами применения криогенной электронной микроскопии и электронной микроскопии в режиме естественной среды.

**Темы и разделы курса:**

1. Крио-электронная микроскопия.

Передаточная функция, дефокусировка, коррекция aberrаций, энергетическая фильтрация. Техника малых доз.

2. Подготовка образцов для крио-электронной микроскопии.

Процедуры негативного контрастирования, витрификации, сушки под высоким давлением, приготовления крио-сколов, применения крио-ФИП, криогенной флуоресцентной микроскопии и др.

3. Определение структуры белков, вирусов и макромолекул методом одиночных частиц.

Техника получения изображений, знакомство с основными программными пакетами и вычислительными методами обработки данных для получения трехмерных реконструкций с высоким пространственным разрешением.

4. Крио-электронная томография.

Получение и обработка экспериментальных данных крио-электронной томографии. Суб-томографическое усреднение, знакомство с основными программными пакетами и

вычислительными методами, получение трехмерных реконструкций. Применение криогенной растровой электронной микроскопии, крио-ФИП и метода Slice-and-view.

#### 5. Комплементарные методы.

Световая микроскопия, конфокальная микроскопия.

#### 6. Электронная микроскопия в режиме естественной среды.

Подготовка образцов для растровой электронной микроскопии полимеров и биологических объектов. Использование режима естественной среды.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **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:**

- систему научно-практических и специальных знаний, необходимых для понимания природных и социальных процессов функционирования физической культуры общества и личности;
- способы их адаптивного, творческого использования для личностного и профессионального развития, самосовершенствования, организации здорового стиля жизни при выполнении учебной, профессиональной и социокультурной деятельности;
- 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 силовой прием. 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 max 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 увеличению 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 измен

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Природоподобные энергетические технологии и возобновляемая энергетика**

#### **Цель дисциплины:**

- приобретение студентами знаний об основных инновационных методах производства, передачи и преобразования энергии; механизмов элементарных процессов, лежащих в основе этих методов; роли биотехнологий, нанотехнологий и наноструктурных материалов в развитии данных методов.

#### **Задачи дисциплины:**

- освоение основных понятий природоподобных энергетических технологий, а также основных терминов и определений в этой области в соответствии с международными стандартами;
- освоение навыков работы со специальной литературой в предметной области;
- роли наноразмерных факторов.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- основы физической химии поверхности конденсированного состояния вещества, базовые размерные и структурные эффекты в наносистемах, характерные особенности нанообъектов;
- основные конкретные технологии и методы синтеза наноструктур и гибридных наносистем; способы их аппаратной реализации в виде различных установок и приборов;
- основные пути взаимодействия электрохимических систем с живыми организмами и клетками.

##### **уметь:**

- проводить поиск и анализ научно-технической информации и патентной литературы по заданной тематике в области природоподобных энергетических технологий и наноматериалов для их реализации;

- использовать фундаментальные знания в области формирования наносистем для решения практических задач, связанных с получением наноструктурированных неорганических и гибридных материалов, биоэлектронных систем и их компонентов;
- использовать полученные знания в области систем получения и преобразования энергии для практического применения.

**владеть:**

- специальной терминологией в области нанотехнологий и методов синтеза наноструктур;
- специальной терминологией в области природоподобных энергетических технологий;
- методами обработки, анализа и систематизации научно-технической и патентной информации;
- навыками освоения большого объема новой информации;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными.

**Темы и разделы курса:**

1. Природоподобные энергетические технологии.

Основные понятия и определения. Потенциальные возможности природоподобных энергетических технологий с учетом имеющихся ресурсов для природной энергетики. Основные системы возобновляемой энергетики, конвергенция технологий и использование водородных и электрохимических технологий для возобновляемой энергетики. Вопросы экологии. Основные направления исследований и разработок в мире и в России, перспективы развития данного направления.

Понятия нанотехнологий и наноматериалов. Классификация нанообъектов. Основные термины и определения в соответствии с международными стандартами. Значение нанотехнологий и материалов для развития природоподобной энергетики.

2. Биотехнологии.

Биотехнологии и экотехнологии для защиты окружающей среды и рационального природопользования.

Биотехнологии и окружающая среда.

Эко и биотехнологии как важный сегмент техносферной безопасности.

Циклы углерода и влияние биотехнологий на них.

3. Энергия солнца и ветра.

Энергия солнца. Способы использования и преобразования энергии солнца, современные фотобатареи, их характеристики и принципы их функционирования. Проблемы аккумулирования энергии солнца. Интенсивность солнечной радиации на территории России в зависимости от времени года. Перспективы развития солнечной энергетики.

Энергия ветра. Способы преобразования и аккумулирования энергии ветра. Основные типы ветрогенераторов, их характеристики. Проблемы аккумулирования энергии ветра. Интенсивность ветровых потоков на территории России в зависимости от времени года. Вопросы экологической безопасности.

#### 4. Атомная и термоядерная энергетика.

Атомная и термоядерная энергетика и их роль в современном мире. Основные процессы и типы электростанций. Вопросы безопасности и перспективы развития

#### 5. Гидроэнергетика.

Гидроэнергетика, приливная и волновая энергетика. Принципы преобразования и аккумулирования. Гидроресурсы и возможности производства энергии с использованием приливных и волновых электростанций на территории России. Вопросы экологической безопасности и перспективы развития этих направлений энергетики.

#### 6. Производство и утилизация биомассы.

Производство и утилизация биомассы. Основные процессы и их аппаратное оформление. Потенциальные ресурсы для производства биомассы, включая водоросли, в России и в мире. Вопросы экологической безопасности.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Программные интерфейсы операционной системы UNIX**

#### **Цель дисциплины:**

- получение базовых знаний об организации операционных систем, разделении обязанностей между аппаратным обеспечением и ядром операционной системы. Рассмотрение концепций современных операционных систем производится на примере операционной системы Unix. Рассматриваются пользовательский интерфейс Unix, программирование на языке Unix Shell, использование системных вызовов для взаимодействия с ядром в программах на языке Си.

#### **Задачи дисциплины:**

- изучение основных концепций и принципов проектирования операционных систем. Рассмотрение взаимодействия ядра операционной системы с аппаратным обеспечением современных компьютеров;
- рассмотрение реализации основных концепций современных ОС на примере Unix (понятия процесс, планировщик процессов файл и др.);
- знакомство с командной оболочкой Unix Shell на уровне пользователя и программиста. Выполнение лабораторных работ по написанию Shell-скриптов. Выполнение лабораторных работ на других скриптовых языках, в том числе, sed и AWK;
- изучение основных системных вызовов Unix. Программирование на языке Си с использованием системных вызовов.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- основные компоненты ОС общего назначения, необходимые для её функционирования;
- основные команды, необходимые для уверенной работы в Unix Shell на уровне пользователя;
- управляющие операторы и управляющие конструкции Unix Shell, необходимые для написания shell-скриптов.

##### **уметь:**

- работать в командной оболочке Unix Shell, писать скрипты для Unix Shell, писать программы на языке Си с использованием системных вызовов ОС Unix.

#### **владеть:**

- приёмами программирования на скриптовых языках на примере Unix Shell, awk и sed.

#### **Темы и разделы курса:**

1. Системные вызовы ОС Unix, системное программирование на Си в ОС Unix.

Ядро операционной системы. Основные компоненты ядра. Отличие системных вызовов от обычных функций. Системные вызовы open, creat, close. Команда umask. Системные вызовы read и write.

Этапы жизни процессов. Процессы-зомби. Системный вызов fork. Копирование при записи. Завершение процесса. Exit и \_exit. Системные вызовы wait и waitpid. Макросы для обработки статуса завершения процесса. Задача fork.

Формат двоичных выполняемых файлов. Динамические библиотеки. Sbrk. Системные вызовы для загрузки выполняемых файлов. Задача echo hello.

Стандартные потоки ввода/вывода. Системные вызовы dup и dup2. Перенаправление ввода/вывода с помощью dup2. Задача echo hello > file.

Организация pipe-ов из C. Сигнал SIGPIPE. Именованные каналы. Задача echo hello | cat.

Обработка сигналов из языка C. Прерывания и исключения. Реентерабельные функции. Использование стандартной библиотеки в обработке сигнала. Задача timeout.

Чтение оглавлений из C. Обработка Inodes Программа myls.

Синхронизации процессов. Взаимная блокировка процессов с помощью flock. Задача myshell.

BSD Сокеты. Модель клиент/сервер. UNIX и Internet сокеты. Последовательный сервер и клиент на UNIX сокетах. Задача «дай файл».

Протоколы. Уровни протоколов. MAC адрес. ARP запросы. IP адрес. Маршрутизация. Протоколы TCP и UDP. Команда telnet Сервер на IP сокетах. HTTP протокол. Задача Упрощенный http сервер и упрощенный IE.

Процес init. Процессы демоны. Начальная раскрутка в BSD и System V. Syslog сервер. Конфигурация, вращение логов. Задача «протокол работы в сервере»

Суперсервер. Конфигурация inetd. Getsockname и getpeername. Задача клиент под inetd.

DNS. Домены общего назначения и географические домены. Итеративные и рекурсивные запросы. Команда nslookup. Типы записей в зоне. Прямая и обратная зоны. Функции gethostbyname и gethostbyaddr. Задача

Параллельный сервер. Обработка сигнала SIGCHLD. Задача

System V IPC. Типы объектов. Команды просмотра и удаления объектов. Задача клиент и сервер на очередях сообщений

Сопрограммы. Потоки. Поддержка потоков в ядре. Библиотека pthreads. Создание и завершение потоков. Использование общих переменных. Синхронизация потоков. Задача «параллельный сервер на потоках».

Доступ к файлам с использованием системного вызова mmap. Отображение памяти на устройство /dev/zero. Использование tmpfs для организации общего доступа к памяти. Использование устройства /dev/mem для отображения физической памяти. Когерентность памяти. POSIX семафоры. Использование двоичных семафоров для доступа к общим переменным. Использование семафоров для совместного доступа к буферному пулу. Дедлоки при использовании с двух семафоров.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Радиоспектроскопические методы исследования наносистем**

#### **Цель дисциплины:**

- освоение студентами физических основ методов исследования наносистем с использованием современных знаний и технических достижений из области радиоспектроскопии твердого тела и твердотельных систем пониженной размерности.

#### **Задачи дисциплины:**

- формирование базовых знаний в области радиоспектроскопии твердого тела и твердотельных наносистем, использующихся в приложениях радиоспектроскопии, электроники, медицинской физики;
- приобретение навыков работы на современной радиоспектроскопической технике;
- формирование у студентов подходов к выполнению исследований наносистем радиоспектроскопическими методами в рамках квалификационных работ на степень бакалавра.

#### **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 классификации наносистем и спектральных диапазонов электромагнитного излучения;
- современные проблемы физики, химии, математики в приложении к наносистемам;
- теоретические модели фундаментальных процессов в физике магнитных явлений и ее приложениях, в том числе нормальный и аномальный эффекты Зеемана и их следствия;
- основное условие электронного и ядерного магнитного резонанса;
- основы теории сверхтонкого взаимодействия и его экспериментальное проявление;
- основы теории кристаллического поля;
- основы теории релаксационных процессов в системах электронных и ядерных спинов и их экспериментальные проявления;

- метод Хюккеля для описания сверхтонкого расщепления электронных органических радикалов;
- квантовые явления, наблюдаемые при помощи магнитно-резонансных спектрометров;
- принципы работы современных приборов, применяемых для исследования наносистем радиоспектроскопическими методами.

**уметь:**

- классифицировать наносистемы;
- определять g-факторы парамагнитных центров (дефектов) в наноматериалах, в том числе с учетом спин-орбитального взаимодействия (для кристаллов);
- вычислять концентрации парамагнитных центров (дефектов) в наноматериалах;
- оценивать времена релаксации спинов в наноматериалах;
- определять константы сверхтонкого взаимодействия в наноматериалах;
- экспериментально определять компоненты g-тензора и тензора сверхтонкого взаимодействия в наноматериалах;
- находить распределение плотности неспаренного электрона в электронных органических радикалах;
- работать на современном, в том числе и уникальном экспериментальном оборудовании;
- получать наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценить степень их достоверности;
- обрабатывать и моделировать результаты экспериментов, используя современное программное обеспечение;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

**владеть:**

- основами теории магнитного резонанса (на примере электронного парамагнитного резонанса);
- основами техники радиоспектроскопии (на примере электронного парамагнитного резонанса);
- методами определения g-факторов, констант сверхтонкого взаимодействия и концентраций парамагнитных центров (дефектов) в наноматериалах;
- методами определения времен спин-решеточной и спин-спиновой релаксации парамагнитных центров в наноматериалах;
- основами метода Хюккеля;
- основами теории кристаллического поля.

## Темы и разделы курса:

### 1. Основные закономерности явления электронного парамагнитного резонанса.

Основные закономерности явления электронного парамагнитного резонанса.

Радиоспектроскопия как метод исследования твердотельных и молекулярных систем. Эффект Зеемана (нормальный и аномальный). Энергия магнитного диполя в магнитном поле. Связь между механическим и магнитным моментами. Условие возникновения электронного парамагнитного резонанса.  $g$ -фактор и его свойства. Анизотропия  $g$ -фактора. Теория  $g$ -тензора и эффективный спиновый гамильтониан. Точечные дефекты в твердых телах. Неорганические радикалы. Органические радикалы  $\sigma$ -типа. Экспериментальное определение компонент  $g$ -тензора в ориентированных твердых телах. Форма линий и определение главных компонент  $g$ -тензора в неориентированных системах. Расщепление энергетических уровней в нулевом магнитном поле. Триpletные состояния. Форма линий для беспорядочно ориентированных систем в триpletном состоянии. Бирадикалы. Обменное взаимодействие.

### 2. Магнитно-резонансные методы исследования наносистем.

Импульсный электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс. Ядерный квадрупольный резонанс. Двойной электронно-ядерный резонанс. Двойной электрон-электронный резонанс. Оптически детектируемый магнитный резонанс.

### 3. Метод молекулярных орбиталей Хюккеля.

Основы метода молекулярных орбиталей Хюккеля. Расчет энергий и волновых функций  $\pi$ -электронных органических радикалов. Распределение плотности неспаренного электрона в радикалах. Связь между константой сверхтонкого расщепления и плотностью неспаренного электрона в радикалах. Понятие спиновой плотности. Знак константы сверхтонкого расщепления. Учет электронной корреляции в теории молекулярных орбиталей. Алкильные радикалы. Другие органические радикалы.

### 4. Релаксационные и кинетические эффекты в наносистемах.

Однородное и неоднородное уширение линий электронного парамагнитного резонанса. Механизмы, приводящие к уширению линий электронного парамагнитного резонанса (диполь-дипольное и обменное взаимодействия, химические механизмы). Время спин-решеточной релаксации в парамагнитных наносистемах. Эффект насыщения. Спин-спиновая релаксация. Взаимосвязь времен спин-решеточной и спин-спиновой релаксации. Влияние вращения на спектры электронного парамагнитного резонанса. Определение времен релаксации парамагнитных центров в наносистемах с помощью метода насыщения (в режиме непрерывного СВЧ-излучения). Явление спинового эха.

### 5. Теория кристаллического поля. Ионы в S-, P-, D- и F-состояниях.

Основы теории кристаллического поля. Вид потенциалов различных кристаллических полей. Операторы кристаллического поля. Снятие орбитального вырождения в кристаллических электрических полях. Расщепление кристаллическим полем уровней ионов в S-, P-, D- и F-состояниях. Спин-орбитальное взаимодействие и спин-гамильтониан. Ионы с орбитально невырожденными основными D- и F- состояниями. Ионы с орбитально

вырожденными основными D- и F- состояниями. Расщепления, обусловленные эффектом Яна-Теллера. Ионы редкоземельных элементов. Ионы актиноидов. Теория поля лигандов. Интерпретация спектров электронного парамагнитного резонанса.

#### 6. Теория сверхтонкого взаимодействия в наносистемах.

Природа изотропного сверхтонкого взаимодействия. Спектры радикалов с группами эквивалентных протонов. Расщепление при наличии неэквивалентных ядер. Сверхтонкое расщепление на ядрах со спином больше 1/2. Интерпретация спектров ЭПР – общие правила и проблемы. Причины возникновения анизотропного сверхтонкого взаимодействия (СТВ). Экспериментальное определение компонент тензора СТВ. Поправки к компонентам тензора СТВ.

#### 7. Техника радиоспектроскопии.

Устройство радиоспектрометра и основные принципы работы. Добротность. Чувствительность и разрешающая способность спектрометра. Пути повышения чувствительности. Выбор условий эксперимента. Методы определения основных параметров спектра электронного парамагнитного резонанса (концентрация парамагнитных центров, ширина линии, g-фактор).

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Синхротронные методы исследования структуры и свойств вещества**

#### **Цель дисциплины:**

- освоение студентами принципов генерации и свойств синхротронного излучения, конструктивных особенностей экспериментальных станций и основ синхротронных методов структурной диагностики, ознакомление с примерами применения СИ для решения фундаментальных и прикладных задач.

#### **Задачи дисциплины:**

- формирование базовых знаний о свойствах синхротронного излучения, методах его получения, типах источников СИ;

- формирование базовых знаний о методах применения синхротронного излучения в современной науке, аппаратных способах их реализации, получаемых с помощью них результаты в интересах фундаментальной и прикладной науки, перспективах развития синхротронных исследований и исследовательской инфраструктуры в России и в мире.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- фундаментальные понятия, законы, теории и формулы, описывающие генерацию синхротронного излучения;
- свойства синхротронного излучения;
- порядки численных величин, характерные для параметров синхротронного излучения;
- принципы работы современных источников синхротронного излучения;
- основные методы применения синхротронного излучения для изучения свойств вещества и структурные характеристики, которые могут быть определены с помощью этих методов.

##### **уметь:**

- рассчитывать параметры синхротронного излучения, применять физические теории к описанию характеристик синхротронного излучения;

- применять синхротронные методики для извлечения необходимой информации о структуре исследуемого объекта;
- эффективно использовать современные информационные технологии и ресурсы для получения необходимых знаний по интересующей научной проблеме в рамках синхротронных исследований.

**Владеть:**

- специальной терминологией в области синхротронного излучения;
- методиками построения моделей к описанию свойств синхротронного излучения;
- основными методами применения синхротронного излучения и обработки данных, полученных в результате синхротронного эксперимента.

**Темы и разделы курса:**

1. Введение. Природа синхротронного излучения. Виды источников СИ. Основные направления применения СИ

Источники рентгеновского излучения. Излучение движущегося заряда. Ускорители частиц. Понятие эмиттанса электронного пучка. Синхротронное излучение. Поколения источников СИ. Мировые источники СИ. Лазеры на свободных электронах. Основные направления применения СИ.

2. Взаимодействие синхротронного излучения с веществом.

Спектр СИ. Теоретические основы взаимодействия СИ с веществом. Виды взаимодействия СИ с веществом. Группы методов, основанных на применении СИ. Исследуемые объекты. Структурные параметры, извлекаемые с использованием СИ.

3. Конструкция и основные элементы синхротронных экспериментальных станций.

Конструкция экспериментальной станции. Стандартные оптические элементы синхротронных станций. Распространённые оптические схемы. Системы позиционирования и управления движением. Детектирующие системы.

4. Синхротронная дифрактометрия для исследования особенностей структуры монокристаллов.

Задачи высокоразрешающей синхротронной дифрактометрии. Выбор оптической схемы. Дисперсия оптической схемы. Структурный фактор. Влияние различных структурных искажений на форму кривой дифракционного отражения - деформация, несоответствие решеток, один и два эпитаксиальных слоя на кристаллической подложке, периодическая сверхрешетка. Определение структурных параметров.

5. Рентгеновская спектроскопия поглощения и эмиссионная спектроскопия.

Энергетические уровни электронов и переходы между ними. Процессы поглощения фотонов и их излучения атомными системами. Механизм формирования формы спектра поглощения. Экспериментальные методики. Практическое применение методов спектроскопии поглощения.

## 6. Фотоэлектронная спектроскопия.

Электронная структура материалов: от модели Бора к зонной структуре. Физические основы фотоэлектронной спектроскопии. Электронная спектроскопия для химического анализа и фотоэлектронная спектроскопия с угловым разрешением. Приборно-экспериментальная база. Области применения и примеры результатов.

## 7. Синхротронная визуализация.

Поглощение рентгеновского излучения. Энергетическая зависимость коэффициента поглощения. Показатель преломления. Экспериментальные схемы визуализации с абсорбционным и фазовым контрастом. Томография, способы томографического восстановления. Программы для работы с изображениями. Области применения. Примеры исследований.

## 8. Рентгеновская топография и визуализация дефектов.

Дефекты кристаллической структуры. Кинематическая и динамическая дифракция.

Эффект аномального пропускания. Виды контраста в топографии. Схемы топографической съемки. Преимущества синхротронного излучения в топографии. Топография с угловой разверткой.

## 9. Рентгеноструктурный анализ и белковая кристаллография.

Основы метода рентгеноструктурного анализа кристаллов. Структура белковой молекулы. Получение кристалла белка, от гена до выращивания кристалла. Экспериментальное оборудование. Радиационное повреждение. Фазовая проблема и методы ее решения. Уточнение модели структуры. Яркие результаты, повлиявшие на весь мир.

## 10. Порошковая рентгеновская дифрактометрия.

Теоретические основы метода. Различия методов порошка и монокристалла.

Условия Лауэ, закон Брэгга-Вульфа, сфера Эвальда. Основные задачи порошковой дифракции. Структурный и фазовый анализ. Принципиальная схема синхротронной станции для порошковой дифракции (на примере станции РСА). Порошковый эксперимент на синхротроне – особенности, отличия от лабораторных источников. Анализ дифракционных картин, получаемая информация. Определение параметров микроструктуры. Аппаратное и физическое уширение. Формулы Кальотти, Шеррера и Стокса-Уилсона. Метод Уильямсона-Холла. Индицирование и решение структуры по порошку. Метод симулированного отжига. Полнопрофильный анализ дифрактограмм. Методы Ле Беля и Ритфельда. Анализ полнопрофильной функции. Структурный фактор, фактора Дебая-Валлера. Порошковая дифракция с помощью рентгеновского излучения и нейтронов, сходства и различия. Исследуемые материалы, решаемы задачи, яркие результаты.

## 11. Малоугловое рассеяние.

Теория малоуглового рассеяния – Борновское приближение, вектор рассеяния, прямое и обратное пространство, радиус инерции и его физический смысл, функция распределения по расстояниям, моделирование структуры монодисперсных систем и интерпретация результатов. Схема малоуглового эксперимента - основные элементы и особенности установки, монохроматизация и фокусировка излучения, коллимация пучка, возможности модернизации экспериментальной базы. Объекты исследования и их особенности, влияние

радиационных повреждений на биологические объекты. Некоторые примеры работ на источниках СИ.

## 12. Методы исследования поверхностей и интерфейсов.

Основные теоретические подходы к характеристике поверхностей и интерфейсов. Метод рефлектометрии. Метод дифракции в скользящей геометрии. Метод стоячих рентгеновских волн. Исследования на поверхности жидкости. Параметры, извлекаемые с помощью синхротронного излучения. Исследовательская инфраструктура для исследований поверхностей и интерфейсов. Примеры исследований.

## 13. Рентгенофлуоресцентный анализ и фазочувствительные методы.

Рентгенофлуоресцентный анализ. Исследуемые образцы и область применения. Основы теории: фотоэффект, характеристический рентгеновский спектр атома, качественный и количественный элементный анализ. Экспериментальная схема. Примеры ярких результатов. Фазочувствительные методы. Фазовая проблема рентгеновских исследований. Метод стоячих рентгеновских волн в области полного внешнего отражения и в условиях брэгговской дифракции. Исследуемые образцы и область применения. Основы теории и экспериментальная схема. Примеры ярких результатов. Метод многоволновой дифракции. Исследуемые образцы и область применения. Основы теории и экспериментальная схема. Примеры ярких результатов.

## 14. Современные подходы к времяразрешающим исследованиям.

Актуальность рентгеновских исследований с временным разрешением. Разные временные масштабы – различные применимые методы. Особенности времяразрешающих дифракционных, спектроскопических и флуоресцентных измерений. Подходы к исследованию медленных процессов. Подходы к исследованию быстрых процессов. Подходы к исследованию сверхбыстрых процессов (Pump-probe, ЛСЭ). Особенности реализации времяразрешающих методов, примеры экспериментальных станций (специальные оптические элементы, специальные детекторы и т.д.). Примеры проведенных исследований.

## 15. Когерентность синхротронного излучения и когерентные методы.

Понятие когерентности излучения. Полная и частичная когерентность. Когерентность и спектральная яркость источника синхротронного излучения. Длины продольной и поперечной когерентности. Автокорреляционные функции первого и второго порядка. Спеклы. Угловой размер спеклов и статистика интенсивности спеклов. Рентгеновская фотон-корреляционная спектроскопия. Когерентная дифракционная визуализация. Птихография. Примеры научных результатов когерентных методов.

## 16. Перспективы развития синхротронных исследований в России и в мире.

Перспективы развития экспериментальной инфраструктуры синхротронных и нейтронных исследований. Основные тренды развития синхротронных и нейтронных исследований в мире. Перспективы развития ландшафта megascience. Федеральная научно-техническая программа развития синхротронных и нейтронных исследований и инфраструктуры на 2019-2027 годы.

## Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии

### Статистическая физика

#### Цель дисциплины:

- познакомить студентов с закономерностями, имеющимися в макроскопических системах с большим числом частиц, как классических, так и квантовых, а также с методами, которые применяются в статистической физике для описания свойств таких систем. При этом системы из большого числа частиц будут рассматриваться, главным образом, в состоянии статистического равновесия. Небольшая часть курса будет посвящена изучению основ неравновесной статистической механики.

#### Задачи дисциплины:

- научить студентов, исходя из микроскопической модели строения вещества, пользуясь методами статистической физики, рассчитывать свойства макроскопических систем, такие как уравнение состояния, теплоемкость, магнитная и диэлектрические восприимчивости и другие.

#### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### знать:

- основные распределения в статистической термодинамике классических и квантовых систем, содержащих большое число частиц: микроканоническое распределение, каноническое распределение Гиббса с постоянным числом частиц и распределение Гиббса с переменным числом частиц, а также условия, при которых реализуются данные распределения;
- статистические определения энтропии для микроканонического и канонического распределений;
- основные термодинамические неравенства;
- определения химического потенциала в системах с переменным числом частиц для различных термодинамических потенциалов;
- критерии вырождения и идеальности ферми-газа,
- основные особенности явления бозе-конденсации в идеальном бозе-газе;
- условия, при которых ферми- и бозе-статистики переходят в больцмановскую статистику;

- симметричные свойства волновых функций систем тождественных частиц, описываемых ферми- и бозе-статистиками;
- особенности подхода к описанию свойств квантовых систем взаимодействующих частиц с помощью языка квазичастиц;
- общие представления о микроскопической теории сверхпроводимости Бардина-Купера-Шриффера;
- основные положения теории фазовых переходов Прода Ландау на примере феноменологической теории сверхпроводимости Гинзбурга-Ландау;
- общие представления о стационарном и нестационарном эффектах Джозефсона и их применении для создания сверхпроводящих квантовых интерферометров;
- особенности подхода к описанию неравновесных процессов с помощью кинетического уравнения Больцмана и уравнения кинетического баланса Паули.

**уметь:**

- находить средние значения физических измеряемых величин с помощью функции распределения в классической статистике и с помощью матрицы плотности в квантовой статистике;
- вычислять статистические суммы для идеального одноатомного газа, газа двухатомных молекул, идеальных квантовых ферми- и бозе-газов;
- находить температурную зависимость колебательной и вращательной теплоемкостей двухатомного газа молекул, состоящих как из разных, так и из одинаковых атомов;
- выводить термодинамические соотношения для двухуровневых систем;
- вычислять флуктуации физических измеряемых величин в термодинамической теории флуктуаций;
- находить выражения для свободной энергии, химического потенциала, энергии, теплоемкости, уравнения состояния идеального классического больцмановского газа и идеальных квантовых ферми- и бозе-газов;
- находить температурную зависимость намагниченности и магнитной восприимчивости классического идеального газа магнитных диполей и квантового газа атомов, имеющих орбитальный и спиновый моменты;
- вычислять парамагнитную и диамагнитную восприимчивости идеального электронного ферми-газа;
- находить температурную зависимость намагниченности и магнитной восприимчивости ферромагнетика в модели Изинга в приближении метода самосогласованного поля;
- находить температурную зависимость колебательной теплоемкости кристаллической решетки в модели Дебая;
- описывать термодинамические свойства сверхпроводящего состояния в модели Гинзбурга-Ландау;

- находить величины термодинамического критического магнитного поля для сверхпроводников I рода и величины нижнего и верхнего критических магнитных полей в сверхпроводниках II рода;
- вычислять в  $\hbar$ -приближении кинетические коэффициенты вырожденного электронного газа в металле;
- решать уравнение кинетического баланса Паули для двухуровневой и n-уровневой системы.

**владеть:**

- основными методами статистической физики – методом ансамблей Гиббса;
- методом вычисления средних величин с помощью матрицы плотности;
- методом вторичного квантования;
- методом функционала Гинзбурга-Ландау для феноменологического описания фазовых переходов второго рода на примере сверхпроводящего перехода;
- методом самосогласованного поля для систем взаимодействующих частиц;
- простейшими методами описания неравновесных явлений с помощью кинетического уравнения Больцмана и уравнения кинетического баланса Паули.

**Темы и разделы курса:**

1. Идеальные газы.

Идеальный одноатомный газ. Распределение Максвелла–Больцмана. Термодинамические свойства двухуровневых систем. Внутренние степени свободы атомов и молекул.

Вращательная и колебательная теплоемкость газа из двухатомных молекул. Влияние спинов ядер на температурную зависимость теплоемкости орто- и параводорода. Закон равнораспределения.

Большой статистический ансамбль для ферми- и бозе-газа. Распределение Ферми–Дирака и Бозе–Эйнштейна. Переход к распределению Больцмана.

Симметрия волновых функций систем, состоящих из большого количества тождественных частиц. Метод вторичного квантования. Вырожденный идеальный ферми-газ. Химический потенциал, плотность состояний на поверхности Ферми, теплоемкость электронов в металле. Уравнение состояния, случай низких температур, высоких плотностей и высоких температур, малых плотностей. Парамагнетизм Паули и диамагнетизм Ландау.

Конденсация Бозе–Эйнштейна. Химический потенциал, теплоемкость и уравнение состояния идеального бозе-газа. Фононы и модель Дебая.

2. Неидеальные квантовые газы.

Гипотеза квазичастиц. Элементарные возбуждения в идеальном ферми-газе. Неидеальный ферми-газ со слабым притяжением. Задача Купера о связанном состоянии двух электронов над ферми-поверхностью. Гамильтониан модели Бардина–Купера–Шриффера и спектр возбуждений в сверхпроводниках. Функция распределения частиц по состояниям. Скачок теплоемкости и термодинамическое критическое поле в феноменологической теории сверхпроводимости Гинзбурга–Ландау. Параметр порядка, флуктуации параметра порядка. Ограничения на применимость теории фазовых переходов II рода Ландау. Квантование магнитного потока в сверхпроводниках. Сверхпроводники I и II рода. Стационарный и нестационарный эффекты Джозефсона. Сверхпроводящие квантовые интерферометры.

### 3. Основы кинетической теории.

Кинетика Больцмановского газа. Функция распределения. Уравнение переноса Больцмана и область его применимости. H-теорема Больцмана, парадоксы "обратимости" и "возврата". Уравнение Больцмана в  $\hbar$ -приближении и без учета столкновений. Уравнение Власова–Ландау. Кинетические коэффициенты металла.

Феноменологическое описание неравновесных процессов. Принцип симметрии кинетических коэффициентов Онсагера. Уравнение кинетического баланса Паули.

### 4. Основы статистической термодинамики.

Вероятностное описание динамического состояния систем, содержащих большое число частиц. Метод ансамблей. Функция распределения и равновесная матрица плотности. Микроканоническое распределение. Статистическое определение энтропии. Вывод термодинамических соотношений в микроканоническом распределении.

Каноническое распределение Гиббса. Статистическая сумма. Вычисление основных термодинамических величин, термодинамические потенциалы. Флуктуации энергии в каноническом распределении. Эквивалентность канонического и микроканонического ансамблей.

Системы с переменным числом частиц, большой канонический ансамбль. Флуктуации числа частиц, эквивалентность большого канонического ансамбля и канонического ансамбля. Термодинамические неравенства. Термодинамическая теория флуктуаций.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Стохастические процессы**

#### **Цель дисциплины:**

- познакомить студентов с основными идеями и понятиями, необходимыми для построения стохастических моделей разнообразных процессов, вычислительных алгоритмов и открытых систем;
- дать инструментарий для описания случайных процессов в терминах классических стохастических дифференциальных уравнений;
- познакомить с базовыми случайными процессами – винеровским, пуассоновским и процессами Леви;
- ознакомить с субординированными случайными процессами как моделями немарковских процессов;
- ознакомить с новыми математическими понятиями, возникающими при описании базовых случайных процессов, такими как дробные производные и интегралы, их свойствами, фрактальными объектами.

#### **Задачи дисциплины:**

- научить студентов составлять и решать классические стохастические дифференциальные уравнения (СДУ), понимать базовые понятия и представления, лежащие в их основе, научить получать из СДУ детерминированные дифференциальные уравнения для основных характеристик открытых систем;
- научить моделировать решения детерминированных уравнений случайными уравнениями;
- научить рассчитывать основные вероятностные характеристики случайных процессов, строить случайные модели разнообразных явлений и систем;

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- основные понятия теории вероятности – сигма- и борелевские алгебры, измеримые пространства, вероятностную меру, вероятностное и полное вероятностное пространства, пространство состояний, измеримые функции, случайные величины и функции,

математическое ожидание и дисперсию случайной величины, условную математическое ожидание и условную вероятность относительно сигма-алгебры, функцию распределения вероятности и плотность функции распределения, совместные и условные вероятности;

- основные понятия теории стохастических процессов - марковские процессы, сепарабельные процессы, сечение и траектория случайного процесса, теорема Колмогорова;

- основные понятия современной теории стохастических процессов - информационный поток (фильтрация), неупреждающий процесс, история процесса, модифицированные, неразличимые и регулярные (cadlag) случайные процессы, марковское время (время остановки), мартингалы, суб и супер мартингалы, функции ограниченной вариации;

- основные понятия и представления центральных предельных теорем - сходимости почти наверное (п.н.), стохастический предел, или предел по вероятности, сходимости в среднем порядка  $n$ , предел по распределению, слабую сходимости, взаимосвязь различных пределов, свойства характеристической функции, характеристическую функцию для гауссовского распределения, теорему о непрерывности; центральную предельную теорему для одинаково распределенных случайных величин, связь с ренорм-групповым подходом, ренорм-групповое преобразование, неподвижную точку, анализ устойчивости, центральную предельную теорему для одинаково распределенных случайных величин в случае бесконечной дисперсии;

- уравнение Чемпена-Колмогорова-Смолуховского, обобщенное уравнение Фоккера-Планка, математическое определение непрерывного марковского процесса, частные случаи обобщенного уравнения Фоккера-Планка - управляющее уравнение, диффузионные процессы, уравнение Фоккера-Планка; детерминированные процессы и уравнение Лиувилля как частный случай обобщенного уравнения Фоккера-Планка; обобщенное уравнение Фоккера-Планка как кинетическое уравнение при классическом и квантовом описании;

- стационарные марковские процессы - эргодические свойства стационарного процесса, измерения среднего значения, автокорреляционной функции, спектра, теореме Винера-Хинчина, измерение функции распределения; однородные марковские процессы и их физическую интерпретацию, автокорреляционную функцию марковских процессов;

- основные представления о винеровском процессе - нерегулярность и недифференцируемость траекторий, независимость приращений, автокорреляционные функции;

- основные представления о процесс Орнштейна – Уленбека - корреляционные функции, гауссовость, стационарное решение, использование в качестве модели реального шумового сигнала;

- основные представления винеровских стохастических дифференциальных уравнений - обоснование уравнений типа Ланжевена, белый шум, аппроксимации белого шума, роль центральной предельной теоремы, свойство марковости интеграла от белого шума; определение стохастического интеграла, интегралы Ито и Стратоновича для частного случая; свойства стохастического интеграла Ито (существование. интегрирование многочленов, правила дифференцирования, средние значения, формула для корреляции);

- решения и преобразования винеровских стохастических дифференциальных уравнений - приближенное решение методом Коши – Эйлера (условия существования и единственности

решения на интервале, марковское свойство решения стохастического дифференциального уравнения Ито), замена переменных (формула Ито), другой подход к формуле Ито, правило дифференцирования Ито, связь между уравнением Фоккера - Планка и стохастическим дифференциальным уравнением; случай, когда коэффициенты стохастического дифференциального уравнения не зависят от времени, случай мультипликативного шума; случай процесса Орнштейна-Уленбека; использование замены переменной при поиске решаемых СДУ. уравнения для среднего и моментов; решение СДУ для осциллятора с шумящей частотой; обоснования интегрального представления уравнения;

- определения и свойства стохастических дифференциалов и интегралов в смысле Ито и Стратановича, дифференциальных уравнений Ито и Стратановича;

- одномерная линейная задача фильтрации;

- СДУ, управляемые независимыми случайными винеровскими процессами, СДУ в случае комплексного винеровского процесса, комплексный винеровский процесс общего вида;

- составные пуассоновские процессы, компенсированный пуассоновский процесс;

- СДУ невинеровского типа, решения простейших СДУ невинеровского типа (уравнение для заряда на аноде, уравнение для тока на аноде, линейное уравнение, осциллятор с шумящей частотой невинеровского типа, осциллятор с шумящей частотой общего типа);

- альфа-устойчивые процессы - свойство самоподобия (масштабной инвариантности), теорема Леви-Хинчина, свойства функции плотности распределения, распределения Коши и Леви-Смирнова;

- простейшие стохастические уравнения с участием устойчивых процессов, процесс Коши, случай типа процесса Орнштейна-Уленбека;

- формула Ито для процессов Леви;

- линейное стохастическое уравнение для процессов Леви;

- связь СДУ, управляемых составным пуассоновским процессом, с уравнениями типа Фоккера-Планка с дробными производными, дробные интегралы Римана-Лиувилля, дробные производные на прямой, дробные производные Капуто и Маршо, преобразования Лапласа уравнений с дробными производными, формулы интегрирования по частям.

#### **уметь:**

- вычислять простейшие стохастические интегралы в смысле Ито и Стратановича;

- составлять стохастические дифференциальные уравнения для осциллятора с шумящей частотой, для механических систем со случайными силами, телеграфного процесса, электрического тока в цепях, уравнения фильтрации;

- получать СДУ Ито из СДУ Стратановича;

- составлять СДУ, управляемое независимыми винеровскими процессами, составными пуассоновскими процессами;

- получать управляющие уравнения типа Фоккера-Планка из СДУ винеровского, пуассоновского типов, а также СДУ для процессов Леви;

- получать из СДУ уравнения для корреляционных функций, моментов и т.п.;
- решать СДУ, управляемые винеровским и пуассоновским процессами.

**владеть:**

- основными методами теории стохастических процессов – метод стохастических дифференциальных уравнений винеровского, пуассоновского и обобщенного типов, метод уравнений Фоккера-Планка, управляющего уравнения, аппаратом характеристической функции, центральными предельными теоремами.

**Темы и разделы курса:**

1. Случайные процессы Леви и субординированные процессы.

Альфа-устойчивые процессы. Характеристики процессов Леви. Основы теории субординированных случайных процессов и СДУ обобщенного невинеровского типа. Другой вывод уравнения Фоккера-Планка для уравнения Ланжевена в случае процесса Леви. Модель непрерывного во времени броуновского движения. Вероятностные характеристики направляющего процесса. Дробные производные в управляющем уравнении для случая подчиненного случайного процесса.

2. Стохастические дифференциальные уравнения и кинетические уравнения для открытых систем.

Парадигма СДУ. Открытые системы и релаксационные процессы. Особенности СДУ и стохастических интегралов. Алгебра инкрементов. Регулярные разрывные функции и стохастическая непрерывность. СДУ и кинетические (управляющие) уравнения. Элементарные операции с СДУ. Решения СДУ. Масштабы времен изменения переменных в СДУ. Роль центральных предельных теорем. Переход от микро к макрокопике. Масштабное преобразование. Уравнения Ланжевена. Основные случайные процессы. Пуассоновский процесс. Сумма независимых пуассоновских процессов. Полиномиальное распределение. Процессы Леви и СДУ общего вида. Составной пуассоновский процесс и процессы Леви. Кинетическое уравнение для СДУ, управляемым процессом Леви. Процессы Леви из винеровского процесса. Связь центральных предельных теорем с ренормгрупповым подходом.

3. Теория СДУ винеровского и пуассоновского типов.

Обоснование уравнений типа Ланжевена, белый шум, аппроксимации белого шума, свойство марковости интеграла от белого шума. Определения стохастического интеграла Ито и Стратановича, их вычисления для частного случая. Свойства стохастического интеграла Ито (существование, интегрирование многочленов, правила дифференцирования, средние значения, формула для корреляции). Определения и свойства стохастических дифференциалов и интегралов в смысле Ито и Стратановича, дифференциальных уравнений Ито и Стратановича. Замена переменных (формула Ито), правило дифференцирования Ито. Связь между интегралами и СДУ Ито и Стратановича. Решения СДУ в случаях, когда коэффициенты стохастического дифференциального уравнения не зависят от времени, мультипликативного шума; процесса Орнштейна-Уленбека. Уравнения для среднего и моментов. Решение СДУ для осциллятора с шумящей

частотой. Комплексный винеровский процесс общего вида и СДУ, им управляемые. СДУ невинеровского типа, решения простейших СДУ невинеровского типа (уравнение для заряда на аноде, уравнение для тока на аноде, линейное уравнение, осциллятор с шумящей частотой невинеровского типа). СДУ и кинетическое уравнение для телеграфного процесса. Осциллятор с шумом винеровского и пуассоновского типов. СДУ, управляемые независимыми случайными винеровскими процессами, СДУ в случае комплексного винеровского процесса, комплексный винеровский процесс общего вида. Примеры использования СДУ в описании физических процессов и решении детерминированных дифференциальных уравнений в частных производных. Элементарная теория фильтрации. Фильтр Калмана-Бьюси.

#### 4. Традиционная теория случайных процессов.

Основные необходимые представления теории вероятностей. Примеры мер. Сепарабельные процессы и теорема Колмогорова. Условие марковости. Уравнение Чепмена-Колмогорова-Смолуховского и его частные случаи. Еще раз о винеровском процессе. Подходы Эйнштейна, Ланжевена и Башелье. Стационарные марковские процессы, их эргодические свойства, измерения среднего значения, автокорреляционной функции, спектра, теорема Винера-Хинчина, измерение функции распределения. Однородные марковские процессы и их физическая интерпретация, автокорреляционная функция марковских процессов. Центральные предельные теоремы.

## Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии

### Теория вероятностей

#### Цель дисциплины:

- изучение методов теории вероятностей и математической статистики и их применений для обработки экспериментальных данных и статистического моделирования.

#### Задачи дисциплины:

- знакомство с аксиоматикой Колмогорова и основными понятиями теории вероятностей: события совместные и несовместные, зависимые и независимые, сходимости по распределению, по вероятности, почти наверное, доверительные вероятности и интервалы, статистические ошибки первого и второго рода, функции правдоподобия и информация Фишера, свойства марковости и эргодичности;

- изучение свойств основных распределений, используемых в теории вероятностей и математической статистике, их характеристических функций (теорема Бохнера-Хинчина) и моментов (теорема Бернштейна), предельных теорем для случайных выборок и экстремальных событий, параметрических и непараметрических методов проверки статистических гипотез, определения параметров распределений и обработки экспериментальных данных, включая метод Колмогорова—Смирнова и метод наибольшего правдоподобия, изучение критериев эргодичности для цепей Маркова;

- практическое изучение способов получения и преобразования случайных величин, цепей Маркова, моделирования скачкообразных и диффузионных случайных процессов на ПК.

#### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### знать:

- классическое определение вероятности, понятие вероятностного пространства (аксиоматика Колмогорова), понятие независимых событий; определение условной вероятности; формулу полной вероятности, формулу Байеса, схему независимых испытаний Бернулли; понятия случайной величины;

- функции распределения и плотности распределения; понятия дискретной и абсолютно непрерывной случайных величин; определение среднего значения и дисперсии; определения многомерной случайной величины; независимой случайной величины; коэффициента корреляции; нормальное распределение и распределение Пуассона;

- предельные теоремы Муавра-Лапласа и Пуассона; закон больших чисел; центральную предельную теорему; определения характеристической и производящей функций, их свойства; основные понятия математической статистики, метод максимума правдоподобия, доверительные интервалы; методы проверки статистических гипотез;

- цепи Маркова, их статистический и физический смысл, марковские процессы, конечные однородные цепи Маркова, предельное и стационарное распределения, эргодичность; определение стохастического процесса, задание стохастических процессов с помощью конечномерных распределений, стохастическую эквивалентность.

#### **уметь:**

- применять свойства вероятности;
- вычислять числовые характеристики основных законов распределения;
- находить распределение функций от случайных величин с заданными распределениями;
- находить характеристические и производящие функции;
- выявлять предельное распределение для последовательности случайных величин;
- строить и исследовать модели простых случайных экспериментов;
- вычислять числовые характеристики основных законов распределения;
- применять статистические таблицы.

#### **владеть:**

- аппаратом теории вероятностей; основными одномерными распределениями (равномерное дискретное, Бернулли, биномиальное, отрицательное биномиальное, гипергеометрическое, геометрическое, Пуассона, Парето, равномерное, показательное, нормальное);
- навыками установления взаимосвязей между различными теоретическими понятиями и результатами случайных экспериментов (соотношениями разных видов сходимости); методами точечных и интервальных оценок параметров распределения.

#### **Темы и разделы курса:**

1. Вероятностные пространства и основные распределения.

1. Вероятностное пространство. Несовместные и независимые события. Условная вероятность. Формула Байеса.

2. Случайные величины, их средние значения, дисперсии и моменты высших порядков. Распределение сумм и произведений независимых случайных величин. Примеры для финитных д.с.в. Распределение функции от случайной величины.

3. Характеристические и производящие функции случайных величин. Х.ф. суммы независимых случайных величин. Положительная определенность и равномерная

непрерывность. Примеры х.ф. для основных распределений. Моменты и коммулянты, их связь с х.ф.

4. Корреляционные и ковариационные функции. Рекуррентные соотношения. Параметризация многомерных нормальных распределений и их характеристических функций с помощью ковариационных матриц.

5. Датчики псевдослучайных чисел в системе Математика для основных распределений: биномиальное, пуассоновское и нормальное распределение, гамма-распределение. Опции графического вывода. Интерактивные функции.

2. Критерий Колмогорова.

1. Ранговые и кумулятивные распределения. Теорема Гливленко--Кантелли.

2. С-критерий Колмогорова для оценки параметров выборочных кумулятивных распределений. Теорема Смирнова.

3. Формулы Крамера--фон Мизеса и Андерсона--Дарлингга. Оценки показателей полиномиально убывающих хвостов.

4. Простые и сложные статистические гипотезы. Понятие мощности статистических критериев.

3. Критерий Пирсона.

1. Метод Пирсона для проверки гипотезы о законе распределения с помощью критерия хи-квадрат. Оценка числа степеней свободы.

2. Применение критерия хи-квадрат для проверки гипотезы об однородности с помощью критерия Пирсона

3. Применение критерия хи-квадрат для проверки гипотезы о независимости с помощью критерия Пирсона

4. Оценка статистической достоверности закона Хаббла, контроль качества датчиков псевдослучайных чисел и проверка независимости признаков.

4. Линейный метод наименьших квадратов.

1. Алгебраическое и геометрическое содержание метода наименьших квадратов

2. Оценка и статистический анализ остаточной суммы квадратов. Коэффициент детерминации Пирсона

3. Оценки доверительных интервалов для коэффициентов линейной регрессии с помощью распределений Стьюдента.

4. Сеточные ортонормированные полиномы. Метод Форсайта для оценки порядка регрессии с помощью распределений Фишера. Процедура Regress в системе. Математика для оценки порядка регрессии. Численные примеры аппроксимации экспериментальных данных

## 5. Марковские цепи и случайные блуждания.

### 1. Марковские цепи

2. Случайное блуждание и его свойства, закон арксинуса

3. Классификация состояний цепей Маркова. неприводимые марковские цепи

4. Теорема Перрона–Фробениуса для неприводимых цепей. Возвратные, невозвратные и апериодические состояния марковских цепей.

6. Метод максимального правдоподобия.

1. Идентификация параметров методом наибольшего правдоподобия.

2. Информация Фишера и неравенство Рао--Крамера.

3. Примеры эффективных статистик. Реализации метода наибольшего правдоподобия для оценок параметров распределений (нормального, Гамма-распределения, Коши, Пуассона, Бернулли, Парето). Примеры оптимальных статистик

4. Примеры применения метода наибольшего правдоподобия в физике по материалам научных публикаций

7. Метод Монте-Карло и алгоритм Метрополиса.

1. Методы отбора и преобразования случайных величин. Метод фон Неймана. Метод Монте-Карло.

2. Стохастическое представление решения задачи Коши для уравнения Шредингера. Сеточная аппроксимация решений и получение информации о спектре гамильтониана.

3. Алгоритмы Метрополиса, Глаубера и Хастингса для моделирования дискретных распределений. Условие детального баланса. Случай марковских цепей с непрерывным множеством состояний. Моделирование пуассоновских случайных процессов. Алгоритм Хастингса для несимметричных цепей. Применения.

8. Проблема моментов и теорема Бернштейна.

1. Достаточные условия аналитичности характеристических функций. Условие Карлемана. Пример нарушения однозначного соответствия между набором моментов и вероятностным распределением.

2. Полиномы Бернштейна. Теорема о реконструкции вероятностного распределения по моментам. Формула реконструкции распределений.

3. Распределение Вигнера и его связь со спектральными свойствами случайных матриц и числами Каталана.

4. Кривые Пирсона. Классы распределений, точно воспроизводимых по 4-м моментам. Программная реализация метода Пирсона в системе Математика

9. Скачкообразные и диффузионные процессы.

1. Пуассоновский процесс и уравнение Колмогорова--Феллера. Численное моделирование пуассоновского процесса

2. Сходимость случайных блужданий к винеровскому процессу.

3. Представление стандартного винеровского процесса рядом Фурье со случайными коэффициентами. Принцип отражения Андрэ и другие оценки распределения времени первого достижения.

4. Формула Фейнмана--Каца и ее обобщения. Абсолютно непрерывные преобразования вероятностных мер. Формула Гирсанова.

10. Статистическая обработка экспериментальных данных.

1. Обработка экспериментальных данных и задачи математической статистики. Выборочное среднее и выборочная дисперсия. Несмещенные и состоятельные оценки параметров.

2. Критерий Стьюдента. Вывод формулы для распределения с  $N$  степенями свободы. Предел при больших  $N$ .

3. Оценка доверительного интервала, статистическая значимость, ошибки первого и второго рода

4. Применение распределения Стьюдента для проверки гипотезы о равенстве средних значений.

5. Сравнение выборочных дисперсий с помощью распределения Фишера. Оценка доверительного интервала в системе Математика

6. Гипотеза об однородности многокомпонентной генеральной совокупности. Пример проверки гипотезы об однородности на реальных данных

11. Сходимость случайных величин и предельные теоремы.

1. Неравенство Чебышева. Сходимость по вероятности. Закон больших чисел. Достаточное условие сходимости с вероятностью единица.

2. Сходимость биномиального распределения к пуассоновскому и нормальному. Сходимость по вероятности и по распределению.

3. Доказательство теоремы Муавра--Лапласа. Численные примеры в системе Математика.

4. Предельная теорема для экстремальных событий. Распределения Вейбулла, Гумбеля и Фишера.

12. Теорема Бохнера--Хинчина и центральная предельная теорема.

1. Положительная определенность характеристических функций и лемма Шура. Примеры положительно определенных функций.

2. Теорема Бохнера--Хинчина. Плотность и относительная компактность семейства мер.

3. Плотные и относительно слабо компактные семейства мер. Достаточное условие относительной слабой компактности. Теорема Прохорова. Центральная предельная теорема.

4. ЦПТ в форме Ляпунова и Линдеберга.

5. Безгранично делимые и устойчивые законы и структура их характеристических функций.

6. Модель Хольцмарка. Распределения Леви. Предельные теоремы для распределений с тяжелыми хвостами

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Теория поля**

#### **Цель дисциплины:**

- освоение студентами теории электромагнитного поля, математических методов общего описания классических полей, освоение основ специальной теории относительности.

#### **Задачи дисциплины:**

- знакомство с базовыми экспериментальными фактами в области теории электромагнитного поля;
- усвоение основных концепций, выдвинутых для описания классических полей и, в частности, классического электромагнитного поля;
- овладение математическими методами, позволяющими решать задачи по теории поля;
- решение задач, охватывающих основные приложения теории электромагнитного поля.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- принципы и основные результаты специальной теории относительности;
- методы описания взаимодействий классических систем заряженных частиц с полями между собой;
- методы описания классического электромагнитного поля;
- описание электромагнитного поля, создаваемого системами зарядов;
- излучение электромагнитного поля;
- особенности излучения релятивистских частиц (синхротронное излучение, ондуляторы).

##### **уметь:**

- решать кинематические задачи о движении релятивистских объектов;
- решать задачи о движении заряженных частиц в электромагнитном поле;

- определять взаимодействие систем зарядов с внешними полями;
- мультипольные моменты;
- определять состояния системы зарядов, при которых наблюдается излучение электромагнитного поля, и находить интенсивность излучения.

**владеть:**

- методами описания классического электромагнитного поля;
- основными методами решения задач о движении заряженных частиц, в том числе релятивистских, в различных электромагнитных полях;
- навыками теоретического анализа реальных задач, связанных с взаимодействием заряженных частиц и электромагнитного поля.

**Темы и разделы курса:**

1. Излучение электромагнитных волн.

Запаздывающий и опережающий потенциалы. Излучение электромагнитных волн медленно движущимися (нерелятивистскими) зарядами. Дипольное приближение.

Магнитодипольное и квадрупольное приближения в теории излучения электромагнитных волн медленно движущимися зарядами. Излучение быстро движущейся (релятивистской) частицы. Рассеяние электромагнитных волн на свободном заряде. Радиационное трение.

2. Инвариантность и ковариантность уравнений электродинамики и релятивистской механики.

Контравариантные и ковариантные 4-векторы и 4-тензоры в специальной теории относительности. Инвариантность и ковариантность уравнений электродинамики и релятивистской механики. Действие и функция лагранжа для свободной частицы и частицы в электромагнитном поле. Движение релятивистской частицы в постоянных и однородных электрическом и магнитном полях. Преобразование полей. Инварианты поля. Эффект Доплера и абберация света для релятивистских источников.

3. Уравнения Максвелла. Электростатика. Магнитостатика.

Уравнения Максвелла для напряжённостей электрического и магнитного полей как результат обобщения опытных фактов. Электрическое поле неподвижных зарядов. Мультипольное разложение потенциала. Магнитное поле системы стационарных электрических токов. Магнитный дипольный момент.

4. Электромагнитные волны. Принцип относительности и преобразования Лоренца.

Электромагнитные волны в вакууме. Принцип относительности и преобразования Лоренца.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Теория функций комплексного переменного**

#### **Цель дисциплины:**

- познакомить студентов с основами теории функции комплексного переменного, научить студентов использовать мощный аппарат теории функций комплексного переменного в анализе поставленных перед ними задач.

#### **Задачи дисциплины:**

- научить студентов, пользуясь методами теории функций комплексного переменного;  
- проводить вычисления, связанные с интегральным исчислением и уравнениями математической физики.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- Основные представления комплексных чисел.
- Условия Коши-Римана.
- Представление аналитических функций с помощью степенных рядов.
- Теорему Коши об интегрировании аналитической функции по замкнутому контуру.
- Теорему Коши о вычетах.
- Понятие особой точки. Определение вычета функции.
- Представление функции в окрестности особых точек с помощью степенных рядов.
- Свойства дробно-линейного отображения.
- Конформное отображение с помощью элементарных функций.
- Логарифмический вычет.
- Теорему Руше о приращении аргумента.

##### **уметь:**

- Вычислять функции от комплексного числа.
- Дифференцировать функции комплексного аргумента.
- Строить по заданной действительной или мнимой части аналитическую функцию.
- Вычислять интеграл от функции комплексного аргумента по кривой или по замкнутому контуру.
- Раскладывать функцию в ряд Лорана в окрестности особых точек.
- С помощью конформных отображений переводить одну заданную область в другую.

**владеть:**

- Элементарными операциями с комплексными числами.
- Методами дифференцирования функций комплексного аргумента.
- Основными методами вычисления интегралов от функций комплексного переменного.
- Основными способами конформных отображений.

**Темы и разделы курса:**

1. Дифференцируемость функций комплексного переменного. Условия Коши-Римана. Действительная и комплексная дифференцируемости. Условия Коши-Римана.

2. Интеграл по пути от функции комплексного переменного.

Путь на комплексной плоскости. Определение интеграла, суммы Дарбу, интегральные суммы. Интеграл от степенной функции.

3. Комплексные числа. Сфера Римана.

Определение комплексного числа. Основные способы представления комплексного числа. Формула Эйлера. Представление комплексной плоскости с помощью сферы Римана. Замыкание комплексной плоскости, бесконечно удаленная точка.

4. Конформные отображения с помощью элементарных функций.

Конформные отображения с помощью элементарных функций и обратных к ним – степенная, экспонента.

5. Конформное отображение с помощью дробно-линейной функции.

Свойства дробно-линейного отображения. Круговое свойство дробно-линейного отображения. Элементарные отображения с помощью дробно-линейного отображения.

6. Многолистные функции.

Ветви аналитической функции. Точка ветвления.

7. Особые точки аналитической функции. Вычеты.

Определение и классификация изолированных особых точек. Определение вычета функции в точке.

8. Ряд Лорана аналитической функции в окрестности особой точки.

Теорема о равномерной сходимости ряда Лорана. Классификация особых точек с точки зрения ряда Лорана. Теорема Коши о вычетах. Лемма Жордана.

9. Ряд Тейлора для аналитической функции.

Определение ряда Тейлора, теорема о равномерной сходимости ряда Тейлора. Бесконечная дифференцируемость аналитических функций. Единственность аналитических функций.

10. Теорема Коши об аналитической функции по замкнутому контуру.

Жорданов контур. Лемма Гурса. Интегрирование элементарных функций по замкнутому контуру.

11. Теорема Руше. Принцип аргумента.

Логарифмический вычет функции. Теорема Руше. Основная теорема алгебры.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Технологии программирования**

#### **Цель дисциплины:**

- изучение общих принципов программирования сложных систем, методов выбора типа программной модели системы, получение навыков программирования при создании сложных гетерогенных программных комплексов.

#### **Задачи дисциплины:**

- изучение основных принципов организации сложных программных систем;
- освоение распространённых приемов и методов программирования, а также методов их сочетания и решения возникающих при этом проблем;
- изучение технологий создания программ на разных языках программирования с использованием разных представлений предметных областей;
- получение навыков решения научных и практических задач с использованием методов императивного, функционального, объектно-ориентированного программирования.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- основные принципы организации сложных программных систем.

##### **уметь:**

- применять приемы и методы программирования в своей практической деятельности;
- создавать сложные программные системы;
- обоснованно выбирать наиболее подходящие типы моделей разрабатываемых систем.

##### **владеть:**

- методологией и навыками решения научных и практических задач с использованием объектно-ориентированного, функционального и логического программирования.

## Темы и разделы курса:

### 1. Основные понятия ООП

Основы языков C++ и Python: базовый синтаксис, модульность, системы типов, трансляция. Автоматизация тестирования, таймирования, проверки стиля программ.

Основные понятия объектно-ориентированного программирования. Классы и объекты в C++ и Python.

Шаблоны в C++: понятие статического полиморфизма, реализация, стандартные шаблоны из STL. Стандартные контейнеры в Python.

Наследование в C++ и Python: определение, виртуальные функции, множественное наследование, метаклассы в Python. Обработка ошибок.

Работа с ресурсами: ручное управление ресурсами в C++, умные указатели, алгоритмы сборки мусора.

### 2. Модульная организация программ

Паттерны проектирования в ООП: типы, применение, примеры (итератор, действие, стратегия, фасад, фабрика, синглтон, посетитель, адаптер).

Ввод-вывод: средства стандартных библиотек, обработка ошибок, асинхронный ввод-вывод.

Пользовательский интерфейс: виды, требования, методы обработки событий.

История развития ООП: предпосылки появления, язык Smalltalk. Перспективы ООП.

### 3. Логическое программирование

Основы логического программирования на языке Prolog: базовый синтаксис фактов, правил, запросов; алгоритм обработки запросов.

Организация программ на языке Prolog: отладка программ, генерация и обработка ошибок; специфика рекурсии в логических языках; разбор примеров.

### 4. Функциональное программирование

Теоретические концепции функционального программирования: лямбда-исчисление, основы теории типов.

Основы языка Haskell: базовый синтаксис, типы, организация программных модулей, сборка и отладка программ.

Исполнение программы в Haskell: понятие ленивых вычислений, бесконечные структуры данных, рекурсия.

Типизация в функциональных языках: вывод типов, составные типы данных и их обработка, виды полиморфизма, классы типов.

Обработка данных в функциональных языках: преобразование списков с помощью `map` и `fold`, генерация списков.

Ввод-вывод в функциональных языках: состояние, побочные эффекты, монады.

Введение в теорию категорий: определение категории, коммутативные диаграммы, морфизмы, функторы. Применение теории категорий в анализе методов обработки информации.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Уравнения математической физики**

#### **Цель дисциплины:**

- формирование базовых знаний по математической физике 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 математической физике;
- формирование общематематической культуры: умение логически мыслить, проводить доказательства основных утверждений, устанавливать логические связи между понятиями;
- формирование умений и навыков применять полученные знания для решения задач математической физики, самостоятельного анализа полученных результатов.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- определение и свойства линейных, квазилинейных и нелинейных уравнений первого порядка, теоремы существования и единственности решения задачи Коши для них, определение симплектической и контактной структуры, вид характеристик для уравнений первого порядка;
- формулу Пуассона решения задачи Коши для уравнения теплопроводности, теоремы существования и единственности решения задачи Коши, принцип максимума; формулу Ньютона решения уравнения Пуассона, теоремы существования и единственности, принцип максимума;
- формулы д'Аламбера, Кирхгофа и Пуассона решения задачи Коши для волнового уравнения, теоремы существования и единственности, закон сохранения энергии; определение и свойства обобщенных функций, пространства обобщенных функций, производные, тензорное произведение и свертка обобщенных функций;

- определение обобщенных решений дифференциальных операторов и фундаментального решения дифференциального оператора с постоянными коэффициентами;
- теорему Хермандера, конструкцию фундаментального решения обыкновенного дифференциального оператора, формулы для фундаментальных решений операторов теплопроводности, Лапласа и волнового;
- постановки краевых задач для уравнений Лапласа и Пуассона, теоремы единственности решений краевых задач, определение и свойства потенциалов простого и двойного слоя, теоремы существования решений внутренних и внешних задач Дирихле и Неймана, определение и свойства функции Грина задач Дирихле и Неймана;
- свойства собственных значений и собственных функций оператора Лапласа в ограниченной области; свойства решений уравнения Гельмгольца, условия излучения Зоммерфельда, принцип предельного поглощения, принцип предельной амплитуды;
- фундаментальное решение оператора Лапласа на плоскости, теоремы существования и единственности решения двумерных краевых задач, формулы для функции Грина и решения задачи Дирихле в односвязной области;
- определение псевдодифференциального оператора, ограниченность п.д.о. в пространствах Соболева, теоремы о композиции и псевдолокальности п.д.о., свойства эллиптических п.д.о., теорему о параметрикссе, свойства интегральных операторов Фурье.

**уметь:**

- решать квазилинейные уравнения первого порядка, уравнение Гамильтона – Якоби и общее нелинейное уравнение, находить их характеристики; решать задачи Коши для уравнений теплопроводности и волнового; вычислять потенциал Ньютона; находить производные, свертки и преобразования Фурье обобщенных функций;
- находить фундаментальные решения дифференциальных операторов с постоянными коэффициентами;
- решать краевые задачи методом разделения переменных и при помощи потенциалов, решать смешанные задачи, находить функцию Грина задач Дирихле и Неймана, применять метод конформных отображений для решения двумерных задач, находить собственные функции и собственные значения оператора Лапласа;
- применять технику псевдодифференциальных операторов к исследованию уравнений математической физики.

**владеть:**

- аппаратом уравнений в частных производных первого порядка для его применения в физике и геометрии;
- техникой решения основных уравнений математической физики во всем пространстве и ее приложениями к физическим задачам;
- аппаратом теории обобщенных функций и фундаментальных решений дифференциальных операторов;

- аппаратом теории потенциалов для его применения в физике;
- техникой решения краевых и смешанных задач для основных уравнений математической физики и ее приложениями;
- аппаратом теории псевдодифференциальных операторов.

### **Темы и разделы курса:**

#### 1. Краевые задачи.

Постановка краевых задач для уравнений Лапласа и Пуассона.

Потенциалы двойного слоя и их свойства.

Потенциалы простого слоя и их свойства.

Теоремы единственности решения задач Дирихле и Неймана для уравнения Лапласа. Существование решений задач Дирихле и Неймана. Потенциал Робена.

Функция Грина задачи Дирихле для оператора Лапласа в трехмерной области и ее свойства.

Функция Грина задачи Неймана.

Функция Грина задачи Дирихле в двумерном случае. Связь с конформными отображениями. Формула для решения задачи Дирихле.

#### 2. Обобщенные решения уравнений математической физики. Фундаментальные решения.

Обобщенные функции. Производные обобщенных функций. Обобщенные функции умеренного роста и обобщенные функции с компактным носителем. Преобразование Фурье обобщенных функций. Тензорное произведение и свертка обобщенных функций. Обобщенные решения линейных уравнений в частных производных. Фундаментальные решения дифференциальных операторов с постоянными коэффициентами. Теорема существования фундаментального решения. Лестница Хермандера. Метод спуска для обобщенных решений. Фундаментальное решение линейного обыкновенного дифференциального уравнения. Фундаментальное решение оператора теплопроводности. Фундаментальное решение оператора Лапласа.

Фундаментальное решение волнового оператора. Постановка и решение обобщенной задачи Коши для волнового уравнения. Постановка и решение обобщенной задачи Коши для уравнения теплопроводности.

#### 3. Основные уравнения математической физики.

Уравнение теплопроводности. Формула Пуассона. Теорема существования решения задачи Коши. Принцип максимума для уравнения теплопроводности. Теорема единственности решения задачи Коши. Уравнение Пуассона в трехмерном пространстве. Ньютонов потенциал.

Формулы Грина. Теорема существования решения уравнения Пуассона. Принцип максимума для уравнения Лапласа. Единственность решения уравнения Пуассона. Одномерное волновое уравнение. Формула д'Аламбера. Трехмерное волновое уравнение. Уравнение Дарбу. Формула Кирхгофа. Запаздывающий потенциал. Двумерное волновое

уравнение. Метод спуска. Формула Пуассона. Закон сохранения энергии для волнового уравнения. Единственность решения задачи Коши.

#### 4. Свойства псевдодифференциальных операторов.

Пространства Соболева. Теорема вложения.

Псевдодифференциальные операторы и их символы. Ограниченность п.д.о. в пространствах Соболева.

Теорема о композиции п.д.о. и следствия из нее.

Лемма Хермандера. Эллиптические п.д.о.

Параметрикс эллиптического п.д.о. Существование и свойства решений эллиптических псевдодифференциальных уравнений.

Особенности решения задачи Коши для волнового уравнения с переменными коэффициентами. Интегральные операторы Фурье.

Параметрикс задачи Коши для волнового уравнения. Характеристики.

Носитель сингулярности решения задачи Коши для волнового уравнения в случае, когда начальное условие – дельта-функция.

Особенности решения задачи Коши для волнового уравнения с постоянными коэффициентами в случае, когда начальное условие – дельта-функция на параболе.

#### 5. Спектральные и смешанные задачи.

Собственные значения и собственные функции задачи Дирихле для оператора Лапласа.

Уравнение Гельмгольца. Условия Зоммерфельда. Принципы предельного поглощения и предельной амплитуды.

Смешанные задачи. Общая схема разделения переменных.

#### 6. Уравнения первого порядка.

Нейные уравнения первого порядка. Характеристики. Решение задачи Коши.

Инвариантные поверхности векторного поля. Задача Коши построения инвариантной поверхности.

Квазилинейные уравнения первого порядка. Характеристики. Построение инвариантной поверхности. Решение задачи Коши.

Уравнение Гамильтона – Якоби. Лагранжевы поверхности в симплектическом пространстве.

Линейное симплектическое пространство. Косоортгональные дополнения. Симплектический базис. Изотропные, коизотропные и лагранжевы подпространства.

Характеристики на гиперповерхности в симплектическом пространстве. Гамильтоновы системы. Инвариантные лагранжевы многообразия. Лагранжева задача Коши.

Решение задачи Коши для уравнения Гамильтона – Якоби.

Общее уравнение первого порядка. Лежандровы поверхности, соответствующие решениям.

Контактная структура. Характеристики на гиперповерхности в пространстве с контактной структурой. Инвариантные лежандровы поверхности.

Решение задачи Коши для общего уравнения первого порядка.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Физика конденсированного состояния**

#### **Цель дисциплины:**

- освоение студентами фундаментальных знаний в области физики конденсированного состояния, изучение орбиталей, их гибридизации, кристаллических решеток, фононов и электронов, их законов дисперсии, плотности состояний, квантовых эффектов, практического применения кристаллов.

#### **Задачи дисциплины:**

- обучение студентов основным понятиям в физике конденсированного состояния, понятию элементарных возбуждений и концепции квазичастиц;
- формирование подходов к выполнению самостоятельных исследований студентами в области физики конденсированного состояния 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 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. Квазичастицы и их характеристики.

Квазичастицы, Основные характеристики квазичастиц. Основное состояние кристалла. Нулевые колебания. Методы описания тепловых колебаний кристаллической решетки. Фононы. Стоячие волны. Бегущие волны. Закон дисперсии акустических фононов в одномерной цепочке атомов при учете взаимодействия атома с двумя ближайшими соседями.

2. Кристаллические решетки.

Кристаллическая структура и ее описание. Двумерные и трехмерные кристаллические решетки Браве. Элементы симметрии кристаллических решеток Браве. Энергия связи решетки, константа Маделунга и ее расчет. Ячейка Вигнера-Зейтца, ее построение. Обратная решетка. Построение обратных решеток для трехмерных решеток Браве.

3. Силы взаимодействия.

Взаимодействия ван дер Ваальса. Молекулярные кристаллы. Ионные связи, ионные кристаллы. Ковалентные связи. Металлическая связь. Водородная связь.

4. Структурные единицы вещества, орбитали.

Понятие частиц в квантовой механике. Структурные единицы вещества. Роль ядер, электронных оболочек, сил взаимодействия, статистики структурных единиц в формировании свойств конденсированных сред.

Электрон в поле сферически симметричного потенциала, его энергия, волновая функция. Атом водорода. Геометрия волновых функций  $s$ ,  $p$ ,  $d$ ,  $f$  состояний. Атомные орбитали.

Схема энергетических уровней в атоме, заполнение их электронами. 1-ое и 2-ое правила Хунда.

Гибридные орбитали. Условия гибридизации. Построение гибридных орбиталей. Основные типы гибридных орбиталей, p, s и d связи. Молекулярные орбитали: связывающие, разрыхляющие и несвязывающие, многоцентровые и двухцентровые орбитали.

#### 5. Фермиевские электроны в магнитном поле.

Квантование энергетического спектра свободных электронов в магнитном поле. Уровни Ландау. Квазиклассическое приближение. Квантование энергетического спектра электронов в магнитном поле в реальных металлах. Спиновое расщепление уровней Ландау. Траектория движения электрона в кристалле в магнитном поле в пространстве импульсов и в реальном пространстве. Распределение квантованных магнитным полем электронов в пространстве импульсов. Спектральная плотность состояний электронов в магнитном поле.

Квантовые осцилляционные эффекты. Эффект Шубникова-де Гааза, эффект де Гааза-ван Альфена. Связь частоты осцилляций Шубникова-де Гааза с энергией Ферми, концентрацией электронов и экстремальным сечением поверхности Ферми. Размерное квантование движения электронов.

#### 6. Фермиевские электроны.

Невзаимодействующие электроны в потенциальном ящике. Энергия и импульс Ферми. Основное состояние электронной ферми-жидкости. Модель ферми-жидкости. Элементарные возбуждения и их закон дисперсии. Электрон в поле периодического потенциала кристаллической решетки. Эффективный потенциал. Волновая функция электрона. Одноэлектронное приближение, адиабатическое приближение. Теорема Блоха. Квазиимпульс электрона. Закон дисперсии электрона в решетке. Энергетические зоны. Зоны Бриллюэна. Построение зон Бриллюэна для двумерной квадратной решетки. Зоны Бриллюэна для различных трехмерных кристаллических решеток.

Заполнение зон Бриллюэна электронами. Метод Гarrisона построения поверхностей Ферми. Поверхности Ферми металла с плоской квадратной решеткой при различной валентности.

Поверхности Ферми щелочных металлов. Поверхности Ферми благородных металлов. Поверхности Ферми металлов с простой гексагональной решеткой. Поверхности Ферми металлов с гексагональной плотноупакованной решеткой. Классификация поверхностей Ферми.

Плотность электронных состояний в трехмерном случае. Электронные системы с квадратичным законом дисперсии. Системы с произвольным законом дисперсии. Плотность электронных состояний в двумерном и одномерном случае. Особенности Ван Хофа в плотности состояний. Эффективная масса электрона. Эффективная масса плотности состояний. Циклотронная масса электрона. Ферми-жидкостная и электрон-фононная перенормировка эффективной массы электронов в металлах.

Электронная теплоемкость. Электропроводность металлов. Феноменологическое описание электропроводности. Электропроводность в модели фермиевских электронов. Формула Лифшица. Температурная зависимость электропроводности металлов. Теплопроводность диэлектриков, металлов и сплавов.

## 7. Фононы.

Закон дисперсии акустических фононов в одномерной цепочке атомов при учете взаимодействия атома с четырьмя ближайшими соседями. Энергетический спектр акустических фононов. Статистика акустических фононов, средняя энергия фононов. Среднее число фононов.

Температура Дебая. Теплоемкость решетки. Модель Дебая. Спектральная плотность фононов в трехмерном, двумерном и одномерном случаях. Особенности распространения звуковых волн в трехмерных кристаллах. Зоны Бриллюэна. Поверхности постоянной частоты фононов.

Оптические фононы. Закон дисперсии оптических фононов для линейной цепочки двух чередующихся сортов атомов с одной степенью свободы. Закон дисперсии оптических фононов для линейной цепочки двух чередующихся сортов атомов с тремя степенями свободы. Оптические фононы в трехмерных кристаллах. Спектральная плотность оптических фононов. Общая картина спектра колебаний кристаллической решетки. Взаимодействие фононов. Тепловое расширение.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Физика полупроводников**

#### **Цель дисциплины:**

- получение фундаментальных знаний в области физики полупроводников и приобретение необходимых навыков для их использования в научно-исследовательской деятельности.

#### **Задачи дисциплины:**

- овладение фундаментальными понятиями, законами и теориями физики полупроводников;
- овладение основными методами исследования физических свойств полупроводников;
- формирование приемов и методов решения конкретных задач из различных областей физики полупроводников.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- основные понятия и законы физики полупроводников, а также используемые в физике полупроводников основополагающие модели и теории.

##### **уметь:**

- решать задачи по основным разделам физики полупроводников;
- использовать полученные знания для определения параметров и интерпретации физических свойств полупроводников.

##### **владеть:**

- методами построения математических и физических моделей типовых задач физики полупроводников;
- иметь опыт деятельности в применении теоретических моделей для интерпретации экспериментальных данных по физическим свойствам полупроводников.

## Темы и разделы курса:

### 1. Кристаллы во внешних полях. Неидеальные кристаллы.

Средняя скорость движения электрона в кристалле. Уравнение движения электрона в кристалле во внешних полях. Заполнение зон и введение дырочного описания. Метод эффективной массы. Картина плавного искривления энергетических зон. Мелкие уровни в гомеоплярных кристаллах (водородоподобные примесные центры). Условия применимости водородоподобной модели. Применение метода эффективной массы для нахождения энергетического спектра полупроводниковых систем пониженной размерности. Энергетический спектр сверхрешеток. Классификация полупроводниковых сверхрешеток. Энергетический спектр мелких примесных состояний в полупроводниковых квантовых ямах.

### 2. Неравновесные электроны и дырки. Статистика рекомбинации электронов и дырок.

Возникновение неравновесных носителей заряда в полупроводниках. Оптическая генерация. Темпы генерации и рекомбинации; время жизни. Соотношения между временами релаксации энергии и импульса и временем жизни. Квазиравновесие и квазиуровни Ферми. Уравнение кинетики рекомбинации в пространственно однородных и неоднородных системах. Механизмы рекомбинации. Время жизни при межзонной рекомбинации. Рекомбинация через примеси и дефекты. Коэффициент захвата на локальные уровни. Центры прилипания и центры рекомбинации. Демаркационные уровни. Времена жизни в случае рекомбинации через один глубокий примесный уровень. Статистика Шокли-Рида.

### 3. Основные представления физики неупорядоченных полупроводников.

Определение неупорядоченной системы. Примеры неупорядоченных полупроводников. Общие особенности неупорядоченных систем. Случайный потенциал. Плотность состояний. Хвосты плотности состояний и локализация. Проводимость по локализованным состояниям, закон Мотта для прыжковой проводимости. Оптические переходы в неупорядоченных полупроводниках. Хвосты оптического поглощения (правило Урбаха).

### 4. Основные свойства полупроводников.

Отличительные черты полупроводников. Примеры полупроводников. Строение некоторых полупроводниковых кристаллов. Представление о запрещенной зоне в полупроводниках. Примесные центры в полупроводниках. Представление о дырках. Электронная и дырочная проводимость. Электропроводность. Эффект Холла. Изменение сопротивления в магнитном поле. Термоэдс. Фотопроводимость.

### 5. Основы зонной теории кристаллических твердых тел.

Основные приближения зонной теории. Уравнение Шредингера для электронов в кристалле в одноэлектронном приближении. Теорема Блоха. Квазиимпульс и зона Бриллюэна. Понятие об энергетических зонах. Основные различия между металлами, полупроводниками и диэлектриками с точки зрения зонной теории. Метод сильно связанных электронов. Обсуждение особенностей электронного энергетического спектра на основе метода сильно связанных электронов. Метод слабо связанных (почти свободных) электронов. Обсуждение особенностей электронного энергетического спектра на основе метода слабо связанных электронов. Понятие об эффективной массе. Тензор обратных эффективных масс. Изоэнергетические поверхности. Многодолинные полупроводники.

Примеры зонных структур полупроводников: зоны проводимости полупроводников АШВV, Si, Ge. Вырождение зон и гофрировка изоэнергетических поверхностей вблизи потолка валентной зоны. Прямозонные и непрямозонные полупроводники.

6. Равновесная статистика электронов и дырок в полупроводниках.

Плотность состояний и функция распределения электронов по квантовым состояниям. Концентрации электронов и дырок в зонах. Эффективные плотности состояний электронов и дырок в зонах. Невырожденный электронный (дырочный) газ. Вычисление положения уровня Ферми в собственном полупроводнике. Статистика заполнения примесных уровней. Уровень Ферми в полупроводнике с примесями одного типа. Статистика электронов и дырок в компенсированных полупроводниках. Многозарядные примесные центры. Плотность состояний в системах пониженной размерности. Вычисление положения уровня Ферми в 2 D-системах.

7. Явления в контактах. p-n переход.

Потенциальные барьеры. Плотность тока. Соотношение Эйнштейна. Условия равновесия контактирующих тел. Контактная разность потенциалов. Длина экранирования. Истощенный контактный слой. Обогащенный контактный слой. Экранирование электрического поля в 2 D-системах. Выпрямление в контакте металл-полупроводник. p-n переход. Статическая вольтамперная характеристика p-n перехода. Туннельный эффект в p-n переходах. Туннельный диод. Биполярный транзистор.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **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, 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 силовой прием. 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 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: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Философия**

#### **Цель дисциплины:**

- развитие у студентов интереса к фундаментальным знаниям, понимания содержания основных мировоззренческих и методологических проблем современной науки. Курс призван стимулировать потребности студентов к философским оценкам фактов действительности, к выработке навыков непредвзятой, многомерной оценки философских и научных течений, направлений и школ.

#### **Задачи дисциплины:**

- понимать роль науки в развитии цивилизации, соотношение науки и техники и связанные с ними современные социальные и этические проблемы, различие исторических типов научной рациональности, знать структуру, формы и методы научного познания, их эволюцию;
- выявить мировоззренческое и методологическое содержание основных философских категорий и принципов;
- знать возможности и границы применения философского знания для осмысления своей специализации;
- владеть приемами ведения дискуссии, полемики, диалога.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- место и роль своей будущей профессии в системе общественной жизни;
- анализировать политические, социальные, культурные процессы, происходящие в государстве;
- самостоятельно определять задачи связанные с личностным развитием, повышением собственной образованности;
- смысл отношения человека к природе, противоречий и кризисных явлений современной эпохи технического развития.

**уметь:**

- принимать собственные решения в рамках своей профессиональной компетенции в стандартных и нестандартных ситуациях, основанных на осознанном личном выборе;
- понимать место своей деятельности и анализировать возможные последствия тех или иных принятых решений на основе сформированных дисциплиной ценностных ориентаций;
- понимать закономерности развития общества, государства, личности, место человека в историческом процессе;
- оценивать различные философские концепции под углом зрения их связи с развитием теоретического и прикладного естествознания.

**владеть:**

- различными вариантами подходов к решению конкретных профессиональных задач на основе знаний, полученных в ходе изучения философских концепций разных эпох в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

**Темы и разделы курса:**

1. Возникновение философии и науки. Философия и наука, общее и различное. Первые философские школы.

Предмет философии. Философия и миф. Философия и наука. Философия и мировоззрение. Современная духовная ситуация и философия. Первые философские школы (Милетская школа: пифагореизм, Гераклит, элеаты, атомисты). Постановка и решение проблемы первоосновы мира.

2. Западноевропейская философия нового времени: становление методов научного познания. Проблема достоверности знаний. Эмпиризм(Ф.Бэкон) и рационализм (Р. Декарт).Кризис эмпиризма. Обоснование новой картины мира и ее динамика. (И.Ньютон, Г.Лейбниц).

Научная революция 17в. и ее влияние на особенности рассмотрения основных философских проблем. (Механицизм). Приоритет гносеологии и методологии. Проблема метода (Ф.Бэкон и Р.Декарт). Связь гносеологии и онтологии: монизм, дуализм, плюрализм. Природа восприятия и анализ причинности: субъективный идеализм Дж.Беркли и агностицизм Д.Юма. Взаимовлияние и взаимообусловленность методов науки, естествознания и философии. Социально-исторический анализ в концепциях просветителей.

3. Классический немецкий идеализм: априоризм (И.Кант) – обоснование всеобщего характера научного знания. Диалектическая логика Гегеля. Кризис традиционной формы философского знания и формирование новых типов философствования: материалистическая диалектика и материалистическое понимание истории.

Кризис идеологии Просвещения как предпосылка возникновения классического немецкого идеализма. Основные проблемы немецкого классической философии: целостность и

структурированность бытия, его познаваемость, активность сознания, связь сознания и познания, принципы развития, сущность человека, универсальность и всеобщность форм нравственности. И.Кант: докритический период – проблемы границ и возможности естественнонаучного познания. «Критика чистого разума» - пространство и время как априорные формы чувственности. Анализ категорий и антиномии чистого разума. «Критика практического разума» автономия нравственной области человеческой деятельности («категорический императив»), обоснование морали, проблема свободы, долга и личности. Принцип тождества бытия и мышления, его трансформации в немецкой классической философии. Г.Гегель: «Наука логики» - учение о бытии, сущности и понятии, категории логики, проблема противоречия и диалектика; диалектика и теория познания; «Феноменология духа» - проблемы гносеологии и истории познания. Истина как процесс, объективность истины. Философия истории: историческая типология развития культуры, гражданское общество и государство, мораль и нравственность, проблема личности. Кризис немецкого классического идеализма. Материалистическое понимание истории, природа общественной закономерности, формационный подход, материалистическая диалектика, отчуждение – как социально-экономический феномен. Восхождение от абстрактного к конкретному – закон развития научного познания. Противоречие общественного прогресса и их отражение в общественном сознании 19в. Современное науковедение – дискуссии о сущности техники. Научные революции и смена типов рациональности.

4. Проблемы бытия. Открытие человека – софисты и Сократ. Античная диалектика как форма мысли. Вопросы общества и государства.

Изменение представлений о сути философии (софисты). Сущность человека и Блага – Сократ. Диалектика Сократа, философия морали. Классический период философии античности. Открытие идеальной реальности, соотнесение ее с познавательными возможностями человека и идеальным социумом (Платон). Энциклопедическая философия Аристотеля («физика» и «метафизика»). Логика – категории и суждения. Виды причинности и анализ бытия.

5. Ранехристианская философия патристика и схоластика. Номинализм и реализм. Гуманизм и социальные теории Ренессанса.

Основные философские проблемы средневековой философии: божественное предопределение и свобода человека, теодицея, разум и воля, душа и тело, сущность и существование сотворенное и вечное. Проблема доказательства бытия Бога. Спор о природе общих понятий – номинализм и реализм. Переход от неоплатонических познавательных программ (Н.Кузанский) к гуманистическим (Ф.Петрарка), утверждение натурфилософской ориентации в знании (Н.Коперник, Г.Галилей). Утопии как ранние формы ненаучного прогнозирования (Т.Мор, Т.Кампанелла), «открытость» истории (Н.Маккиавелли).

6. Русская философия: формирование и основные периоды развития. Русская религиозная философия и ее основные направления (В.Соловьев, Н.Бердяев, Н.Федоров). Проблематика русской философской мысли.

Русская философия в контексте мировой философской мысли. Формирование и основные периоды развития русской философии. Просветительская мысль России и попытки философского осознания ее развития (русская идея, западники и славянофилы, почвенники и евразийцы). Русская религиозная философия и ее основные направления (В.Соловьев, Н.Бердяев, К.Леонтьев, Ф.Достоевский и другие). «Философия естествознания» в России –

основные направления (позитивистские, социологические, космистские). Проблема Запада-Востока-России в науке и философии. Приемственность и самобытность. Проблема духовности. Диалог культур. Глобальные проблемы современности и будущее человеческой цивилизации.

7. Современная западная философия. Философия позитивизма (О.Конт). Проблема источника познания в эмпириокритицизме (Э.Мах, А. Авенариус). Иррационалистическая направленность философии: Экзистенциализм. «Философия жизни».

Позитивизм О.Конта и эмпириокритицизм (Э.Мах и Р.Авенариус) – проблема метода и источника познания. Позитивистские философские направления: философия науки (К.Поппер), постпозитивизм (Т.Кун, И.Лакатос). Экзистенциализм. Проблематика «Бытия и времени» М.Хайдеггера: философия как фундаментальная онтология, бытие и сущее, экзистенциалы. Язык как дом бытия. Свобода и пограничная ситуация, трансценденция и экзистенция в философии К.Ясперса. Сущность и существование в философии Ж.-П.Сартра. Проблематика метафизического абсурда в экзистенциализме А.Камю. Философствование Ф.Ницше как конец метафизики. Размышления об античной традиции: два начала европейской культуры; проблема нигилизма: переоценка ценностей, вечное возвращение, воля к власти, сверхчеловек. Ницшеанство в России.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Функциональный анализ**

#### **Цель дисциплины:**

- освоение студентами фундаментальных знаний в области функционального анализа, изучение способов решения задач методами функционального анализа.

#### **Задачи дисциплины:**

- формирование базовых знаний в области функционального анализа как дисциплины, интегрирующей общематематическую подготовку прикладных математиков и физиков и обеспечивающей технологические основы современных инновационных сфер деятельности;
- обучение студентов принципам применения основных понятий функционального анализа.

#### **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 и роль функционального анализа в них;
- теоретические модели функционального анализа в математике и в фундаментальных процессах и явлениях в физике и ее приложениях;
- принципы симметрии и законы сохранения;
- новейшие открытия естествознания;
- постановку проблем функционального анализа ;
- 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 методами функционального анализа;
- научной картиной мира;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории на современном экспериментальном оборудовании.

**Темы и разделы курса:**

1. Метрические и нормированные пространства.

Метрические пространства. Нормированные и банаховы пространства. Теорема о пополнении метрических пространств. Сепарабельность.

Свойства полных метрических пространств. Теорема о вложенных шарах, теорема о сжимающих отображениях.

2. Спектр оператора.

Теорема Банаха. Обратимость оператора близкого к обратимому. Представление резольвенты в виде ряда. Спектральный радиус. Спектр и резольвентное множество ограниченного оператора. Свойства спектра (ограниченность, замкнутость, непустота). Непрерывный, точечный, остаточный спектры. Сопряженный оператор. Спектр сопряженного оператора. Свойства спектра самосопряженного оператора. Квадратичная форма самосопряженного оператора. Спектральный радиус самосопряженного оператора и норма самосопряженного оператора. Спектральный радиус интегрального оператора с треугольным ядром. Унитарные операторы. Спектр унитарного оператора. Подобные операторы. Связь спектров подобных операторов. Подобные операторы в  $l_2(Z)$  и  $L_2(0, 2\pi)$ . Унитарно-подобные операторы в  $L_2(R)$ .

3. Гильбертовы пространства.

Теорема об ортогональном дополнении. Ортонормированные системы. Полные, замкнутые системы.

Теорема о существовании ортонормированного базиса в сепарабельном гильбертовом пространстве. Изоморфизм сепарабельных гильбертовых пространств. Эквивалентность моделей Шредингера и Гейзенберга.

4. Компактные множества в метрических пространствах.

Предкомпактные и компактные множества. Критерий Хаусдорфа предкомпактности.

Теорема Арцела и признаки предкомпактности в различных пространствах.

Эквивалентность норм в конечномерном пространстве. Некомпактность единичного шара в бесконечномерном банаховом пространстве.

#### 5. Компактные операторы. Теория Фредгольма.

Компактные операторы. Операции над операторами, не нарушающие компактность. Свойства компактных операторов. Компактность интегральных операторов в пространствах  $C[a,b]$  и  $L_p(a,b)$ .

Теорема Гильберта-Шмидта о полноте множества собственных векторов компактного самосопряженного оператора. Пример линейного непрерывного оператора с незамкнутым образом. Замкнутость образа оператора  $I-A$ , где  $A$  - компактный оператор. Теоремы Фредгольма. Теорема о связи компактности оператора с компактностью сопряженного оператора (в гильбертовом пространстве).

#### 6. Линейные операторы и функционалы в нормированных пространствах.

Линейные отображения. Норма оператора. Пространство линейных ограниченных операторов. Полнота пространства  $B(X,Y)$ , где  $Y$  -- банахово.

#### 7. Неограниченные операторы.

Примеры неограниченных операторов. Понятие области определения оператора. Теорема Хеллингера-Теплица. Оператор гармонического осциллятора как оператор из  $H_1(\mathbb{R})$  в  $H_1(\mathbb{R})$ . Его спектр.

#### 8. Обобщённые функции и действия с ними.

Функции из  $L_1,loc(\mathbb{R})$  и их производные по Соболеву. Производная обобщенной функции, умножение на гладкую функцию, замена переменных. Пространства обобщенных функций  $D'$  и  $S'$ .

#### 9. Основные понятия теории меры. Интеграл Лебега.

Основные понятия теории меры: полукольцо, кольцо, алгебра,  $\sigma$ -алгебра множеств. Мера, счетно-аддитивная мера. Измеримые по Лебегу множества, измеримые функции. Мера Лебега--Стилтьеса, дискретная мера.

Конструкция интеграла Лебега. Основные свойства интеграла Лебега. Теоремы о предельном переходе под знаком интеграла: Б.Леви, Лебега, Фату. Пространства  $L_p(a,b)$ . Неравенство Гёльдера, неравенство Минковского.

#### 10. Преобразование Фурье.

Преобразование Фурье в пространстве  $L_1(\mathbb{R})$  и его свойства. Преобразование Фурье в пространствах  $S$  и  $L_2(\mathbb{R})$ . Теорема Планшереля. Преобразование Фурье в  $S'$ .

#### 11. Сходимости в нормированных пространствах. Теорема Банаха Штейнгауза.

Слабо сходящиеся последовательности. Примеры. Теорема Банаха-Штейнгауза. Слабо ограниченные множества.

Слабая компактность. Теорема о слабой компактности единичного шара в сепарабельном гильбертовом пространстве. Пример последовательности элементов единичной сферы, слабо сходящейся к нулю.

12. Теорема Хана-Банаха и следствия из неё.

Сопряженные пространства. Теорема Хана-Банаха о продолжении линейного функционала.

Следствия из теоремы Хана-Банаха. Изометричность вложения пространства во второе сопряженное. Рефлексивные пространства. Сопряженное пространство к  $C(a,b)$ .

Общий вид линейного непрерывного функционала в пространствах  $L_p(a,b)$  и  $l_p$ , при  $1 \leq p < \infty$ .

Изоморфизм гильбертова пространства своему сопряженному. Общий вид линейного функционала в гильбертовом пространстве.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Химические методы формирования наносистем**

#### **Цель дисциплины:**

- познакомить студентов с физико-химическими основами синтеза нанокристаллических систем, включая термодинамику и кинетику зародышеобразования и роста нанокристаллов из раствора и пара: золь-гель, гидротермальный метод, криотехнология, вакуумная конденсация, молекулярно-лучевая эпитаксия, ПЖК и химическое осаждение из пара. Обсуждаются условия получения наноматериалов методами гомогенного и гетерогенного зародышеобразования, в том числе тонких пленок, коллоидных нанокристаллов, углеродных нанотрубок и нитевидных кристаллов.

#### **Задачи дисциплины:**

- научить студентов синтезировать наноразмерные материалы из раствора и газовой фазы, выбрать метод получения наноструктурных материалов;
- научить студентов, пользуясь знаниями о химии дисперсных систем, управлять размером, морфологией и составом нанокристаллов.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- классификацию дисперсных систем по размерности, агрегатному состоянию и структуре;
- основные физико-химические параметры, определяющие ход химических превращений, термодинамический прогноз возможности реализации синтеза в гомогенной среде. P-T-x фазовые диаграммы, выбор условий синтеза;
- основу термодинамики поверхности, избыточные термодинамические функции, поверхностное натяжение и свободную энергию поверхностей раздела фаз, связь поверхностного натяжения с объемными свойствами веществ, термодинамическое уравнение Гиббса для поверхности раздела фаз в однокомпонентных системах;
- классическую теорию гомогенного зародышеобразования, уравнение Гиббса-Томсона, критическое пересыщение, критический размер зародыша, кинетические уравнения скорости зародышеобразования;
- гетерогенное зародышеобразование, эпитаксиальные соотношения, образование новой фазы при участии модификаторов;

- состав поверхности, сегрегацию компонентов в приповерхностных слоях, неустойчивость дисперсных систем, образование кластеров, агрегацию наночастиц, роль температуры и pH среды, стабилизацию наночастиц;
- основные методы формирования наночастиц, классификацию методов по принципам «снизу – вверх» и «сверху-вниз», физические и химические методы, помол и диспергирование, нуклеацию и агрегацию, рост из пара и из растворов, основные параметры роста наночастиц;
- темплатный синтез, нано-реакторы, структуру пористых систем, характеристики пор, примеры темплатов, мезопористый оксид кремния;
- микроэмульсии, обратные мицеллы и обратные эмульсии, рост кластеров в микроэмульсиях, организацию коллоидных систем в присутствии ПАВ, пленки Лэнгмюра-Блоджет;
- коллоидный синтез нанокристаллов полупроводниковых материалов, синтез квантовых точек, нуклеацию в растворах в присутствии стабилизатора, основные характеристики квантовых точек (средний размер, дисперсию размеров, концентрацию), диаграмму Ла-Мера, кооперативные явления в системе наночастиц; остwaldово созревание, агрегирование, влияние пересыщения на морфологию кристаллов, контроль формы, стабилизацию нанокристаллов, синтез гетероструктур типа «ядро-оболочка»;
- методы роста квази-одномерных (1D) кристаллов, механизм роста Пар – Жидкость-Кристалл (ПЖК), примеры получения нитевидных нанокристаллов оксидов металлов, влияние парциального давления кислорода на морфологию кристаллов, свойства нитевидных нанокристаллов;
- метод химического осаждения из газовой фазы (CVD), пиролиз аэрозолей органических и неорганических прекурсоров, принципы выбора прекурсоров, возможности методов лазерного и магнетронного осаждения.

#### **уметь:**

- определять условия синтеза наноразмерных материалов из растворов и пара в зависимости от природы исходных веществ;
- определять основные операционные параметры синтеза: пересыщение, температуру, давление, объем реакционной системы и степень их влияния на состав, структуру, морфологию и размер нанокристаллов;
- определять лимитирующую стадию процесса синтеза и ее влияние на морфологию и скорость роста нанокристаллов;
- определять температурную зависимость скорости роста;
- рассчитывать флуктуацию размера нанокристаллов в зависимости от условий синтеза, определять оптимальные условия получения монодисперсных нанокристаллов;
- определять природу стабилизатора для коллоидных нанокристаллов;
- определять условия синтеза полупроводниковых нанокристаллов «квантовых точек» с необходимой длиной волны люминесценции;

- определить необходимый уровень вакуума в процессе синтеза нанокристаллов и тонких пленок из газовой фазы;
- измерять геометрические размеры, элементный и фазовый состав нанокристаллов.

**владеть:**

- основными методами синтеза нанокристаллов: золь-гель, криохимическая сушка, гидротермальный синтез, пиролиз аэрозолей, вакуумная конденсация, магнетронное и лазерное нанесение, ПЖК, химическое осаждение из пара;
- основными методами исследования наночастиц с учетом локальности и глубины анализа: электронной микроскопией, рентгеновской дифракцией, спектроскопией поглощения.

**Темы и разделы курса:**

1. Гетерогенное зародышеобразование.

Гетерогенное зародышеобразование. Эпитаксиальные соотношения. Образование новой фазы при участии модификаторов. Массовая кристаллизация и рост монокристаллов. Стабильные и метастабильные кристаллические фазы. Кинетические особенности образования кристаллических фаз, связанные с зародышеобразованием. Роль подложки.

2. Гидротермальный синтез, криохимия.

Метод гидротермального синтеза. Термодинамические основы метода. Влияние параметров гидротермального синтеза на свойства получаемых продуктов. Осаждение из сверхкритических растворов. Ультразвуковое воздействие на водные растворы, кавитация. RESS технология. Сублимационная сушка. Методы низкотемпературной сушки золь и гелей. Способы достижения низких температур. Эффект Джоуля – Томсона. Скорость сублимации. Влияние вакуума. Потеря растворителя. Принципиальная схема установки криохимической сушки.

3. Гомогенное зародышеобразование, агрегация.

Гомогенное зародышеобразование. Критическое пересыщение. Критический размер зародыша. Кинетические уравнения скорости зародышеобразования. Нуклеация и рост. Диаграмма Ла-Мера. Кинетические модели роста. Кооперативные явления в системе наночастиц; остальдово созревание. Агрегация. Типы взаимодействия частиц. Силы Ван-дер-Ваальса. Электростатические силы для заряженных частиц. Гидрофобное/гидрофильное взаимодействие (неполярные/полярные среды). Сольватация. Теория Лифшица – Слезова - Вагнера. Золи. Гели.

4. Золь-гель технология.

Золь-гель технология. Гидролиз. Поликонденсация. Переход истинный раствор – золь. Влияние растворителя, температуры, pH. Строение гелей, ксерогели. Пример получения нанодисперсного кремнезема. Химическое осаждение из растворов. Гидролиз органических солей. Алкоксотехнология. Мицеллы. Темплатный синтез. Поверхностно активные вещества. Микроэмульсии. Рост кластеров в микроэмульсиях. Организация коллоидных систем в присутствии ПАВ. Пленки Лэнгмюра-Блоджет. Примеры роста

нанокристаллов оксидов металлов. Коллоидный синтез нанокристаллов полупроводников. Нуклеация в растворах в присутствии стабилизатора. Морфология нанокристаллов. Синтез и строение структур «ядро-оболочка». Основные характеристики квантовых точек и методы их определения (средний размер, дисперсия размеров, концентрация). Применение квантовых точек: оптические сенсibilизаторы сенсорных материалов, биологические маркеры. Синтез нитевидных наноматериалов. Прямой и обратный темплатный синтез. Нано-реакторы. Синтез из пара. Механизм роста пар – жидкость – кристалл. Роль затравки. Проточный метод синтеза нитевидных кристаллов из пара. Вискеры. Примеры получения нитевидных нанокристаллов оксидов металлов, влияние парциального давления кислорода на морфологию кристаллов. Свойства нитевидных нанокристаллов. Углеродные нанотрубки. Одностенные и многостенные нанотрубки.

#### 5. Основы термодинамики поверхностных явлений.

Основы термодинамики поверхностных явлений. Поверхностное натяжение и свободная энергия поверхностей раздела фаз. Термодинамическое уравнение Гиббса для поверхности раздела фаз в однокомпонентных системах. Влияние морфологии, рельефа и адсорбции молекул. Состав поверхности, сегрегация компонентов в приповерхностных слоях. Адсорбция кислорода. Адсорбция паров воды. Кислотные и основные центры на поверхности. Окислительно-восстановительные и кислотно-основные реакции на поверхности. Поверхность и дисперсное состояние вещества. Классификация дисперсных систем по размерности, агрегатному состоянию и структуре. Основные характеристики наночастиц и дисперсных систем. Размерный эффект.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Конвергентные нано-, био-, информационные и когнитивные технологии**

### **Экономика**

#### **Цель дисциплины:**

- овладение теоретическими основами и приобретение практических навыков при изучении форм функционирования рыночных структур и механизмов взаимодействия субъектов экономической деятельности общества.

#### **Задачи дисциплины:**

- изучение рыночного хозяйства и принципов его функционирования;
- изучение организационно-правовых форм предприятий и нормативных актов, регламентирующих их деятельность;
- изучение предприятия как субъекта рыночного хозяйства;
- изучение внутренней и внешней среды предприятия, его конкурентоспособности, организационной структуры и механизма управления;
- изучение состава основных средств, материальных ресурсов, персонала предприятия;
- рассмотрение вопросов стратегического, текущего и оперативного планирования;
- изучение формирования затрат на производство продукции, работ, услуг; основ ценообразования и их оптимизации;
- изучение инновационной и инвестиционной деятельности предприятия;
- изучение методики анализа и управления рисками на предприятии;
- овладение студентами системой теоретических знаний и практических навыков по использованию инструментов моделирования для выбора оптимального решения.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- организационные основы предприятия и его специализацию;
- рациональное использование ресурсов;
- законодательно закрепленные типы организационно-правовых форм;

- факторы внутренней и внешней среды предприятия;
- структуру ценообразования предприятия;
- особенности внедрения системы сбалансированных показателей на предприятии;
- основные стадии жизненного цикла товара;
- особенности оценки внутренней и внешней среды организации при помощи таких инструментов как SWOT и PEST анализ;
- особенности внедрения инноваций;
- виды стратегий компаний.

**уметь:**

- анализировать организационную деятельность предприятий и его подразделений;
- проводить сравнительную оценку различных инвестиционных проектов и определять их эффективность;
- разрабатывать перспективные, текущие и оперативные планы;
- определять размеры трудовых коллективов;
- давать экономическую оценку бизнес-процессов на предприятии;
- оценивать конкурентоспособность предприятия при помощи:
  1. Матрицы-BCG;
  2. Матрицы-General Electric/McKinsey & Co;
  3. Операционного метода оценки;
- обоснованно выбирать метод системного анализа при построении и проектировании структуры организации;
- обогащать передовой опыт и внедрять его в производство.

**владеть:**

- навыками организаторской и управленческой деятельности;
- точным представлением о взаимообусловленности всех сторон производства техники, информации и организации;
- инструментами оценки внутренней и внешней среды компании.

**Темы и разделы курса:**

1. Организация, ее внутренняя и внешняя среда.

Введение: Тенденции развития бизнеса в современной экономике (0,5 ак.ч.). Понятие предприятия (организации). Основы организации. Типы организации, формы регистрации. Свободные экономические зоны. Офшорный бизнес (0,5 ак.ч.). Миссия и цель деятельности организации (предприятия). Понятие внутренней среды организации (предприятия). Ключевые факторы внутренней среды (производство, персонал, организация управления, маркетинг, культура и имидж предприятия). Понятие внешней среды организации (предприятия). Ключевые факторы внешней среды (поставщики ресурсов, потребители, конкуренты, трудовые ресурсы, политические, экономические, социальные и технологические факторы). Стейкхолдеры предприятия, их интересы и цели. Изучение инструментов оценки внутренней и внешней среды предприятия (организации) (1,5 ак.ч.). Решение ситуационной задачи (кейса) (1 ак.ч.). Выполнение тестовых и практических заданий по тематике лекции (0,5 ак.ч.). Задание для самостоятельной работы.

## 2. Организация бизнес-процессов и формирование стратегии предприятия.

Бизнес-процессы предприятия (организации). Принципы построения карты бизнес-процессов предприятия. Реинжиниринг бизнес-процессов: сущность, цели, принципы, методы. Факторы, инструменты, структура и этапы процесса реинжиниринга (1,5 ак.ч.). Стратегия деятельности предприятия (организации). Типы стратегий, основные уровни разработки стратегии. Факторы, определяющие выбор стратегии предприятия. Этапы разработки стратегии (1 ак.ч.). Решение ситуационной задачи (кейса) (1 ак.ч.). Выполнение тестовых и практических заданий по тематике лекции (0,5 ак.ч.). Задание для самостоятельной работы.

## 3. Организация управления и планирования на предприятии.

Управление предприятием (организацией): организационная структура и механизм управления, управленческие кадры. Принципы и формы управления предприятием на всех уровнях (1 ак.ч.). Планирование на предприятии: виды планирования (стратегическое, текущее, оперативное), цели, принципы и методы. Этапы стратегического планирования. Инструменты стратегического планирования. Показатели эффективности деятельности предприятия (организации) (1,5 ак.ч.). Решение ситуационной задачи (кейса) (1 ак.ч.). Выполнение тестовых и практических заданий по тематике лекции (0,5 ак.ч.). Задание для самостоятельной работы.

## 4. Инновационная и инвестиционная деятельность предприятия.

Инвестиционная деятельность предприятия. Цели инвестиционной деятельности, объекты. Методика разработки инвестиционного проекта, его реализация. Показатели оценки инвестиционных проектов: срок окупаемости, чистая текущая стоимость доходов, ставка доходности проекта, модифицированная ставка доходности проекта, внутренняя ставка доходности проекта. Оценка эффективности инвестиционного проекта (1 ак.ч.). Инновационная деятельность предприятия (организации). Понятие инновации. Венчурные фонды. Инновационное предпринимательство. Коммерциализация научно-технических разработок. Трансфер технологий, создание малых инновационных компаний (1 ак.ч.).

Рынок IPO: классификация (PPO, SPO), цели, этапы. Принцип проведения IPO(0,5 ак.ч.). Решение ситуационной задачи (кейса) (1 ак.ч.). Выполнение тестовых и практических заданий по тематике лекции (0,5 ак.ч.). Задание для самостоятельной работы.

#### 5. Производство на предприятии.

Продуктовая линейка предприятия (организации). Понятие жизненного цикла продукта, понятие и ключевые показатели качества продукции. Конкурентоспособность продукции и ее оценка. Конкурентоспособность предприятия (организации) на рынке. Цепочка стоимости (ценности) предприятия (1 ак.ч.). Производственные ресурсы предприятия: основные средства и материальные ресурсы предприятия, оборотные средства, трудовые ресурсы. Методы оценки эффективности производственных ресурсов предприятия (организации) (0,5 ак.ч.). Организация производства: производственный процесс и принципы его организации. Типы, формы и методы организации производства. Производственный цикл и его экономическая функция. Производственная структура предприятия (организации) (1 ак.ч.). Решение ситуационной задачи (кейса) (1 ак.ч.). Выполнение тестовых и практических заданий по тематике лекции (0,5 ак.ч.). Задание для самостоятельной работы.

#### 6. Система сбалансированных показателей предприятия.

Система сбалансированных показателей (ССП). Цели и задачи внедрения ССП. Этапы разработки ССП, структура ССП. Связь ССП и стратегии предприятия. Основы технологии ССП. Методология реализации ССП. Понятие стратегической карты предприятия. Ключевые показатели эффективности КPI(2 ак.ч.). Управление персоналом. Мотивация персонала: принципы и методы управления (0,5 ак.ч.). Решение ситуационной задачи (кейса) (1 ак.ч.). Выполнение тестовых и практических заданий по тематике лекции (0,5 ак.ч.). Задание для самостоятельной работы.

#### 7. Управление рисками и ведение международного бизнеса.

Управление рисками деятельности предприятия (организации). Риск-менеджмент: цели, функции, факторы. Понятие, виды рисков. Карта рисков: принципы анализа и построения. Методы и система управления рисками (2 ак.ч.). Ведение международного бизнеса. Кросскультурный менеджмент: концептуальные основы. Модель управления предприятием в кросскультурной среде. Практики кросскультурного взаимодействия (1 ак.ч.). Решение ситуационной задачи (кейса) (2 ак.ч.). Выполнение тестовых и практических заданий по тематике лекции (1 ак.ч.). Задание для самостоятельной работы.

#### 8. Финансово-хозяйственная деятельность предприятия.

Финансово-хозяйственная деятельность предприятия. Финансовые ресурсы предприятия (организации): собственные и заемные. Классификация доходов и расходов предприятия. Себестоимость продукции. Прибыль предприятия: сущность, функции, виды, распределение. Ценообразование: цели, определение спроса, оценка издержек

производства, анализ цен конкурентов, выбор метода ценообразования (1 ак.ч.). Оценка эффективности хозяйственной деятельности предприятия. Выработка. Трудоемкость, фондоотдача, фондоемкость, фондовооруженность, оборачиваемость оборотных средств, материалоемкость, материалоотдача. Рентабельность производства, продаж, имущества, собственного капитала. Критерии финансового состояния предприятия. Показатели финансового состояния предприятия: показатели платежеспособности, финансовой устойчивости, деловой активности, рентабельности. Расчет и анализ показателей (1,5 ак.ч.). Решение ситуационной задачи (кейса) (1 ак.ч.). Выполнение тестовых и практических заданий по тематике лекции (0,5 ак.ч.). Задание для самостоятельной работы.