



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)  
Школа естественных наук

**Сборник**  
**аннотаций рабочих программ дисциплин**

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ**

14.03.02 Ядерные физика и технологии

Физика атомного ядра и частиц

Форма обучения: *очная*

Нормативный срок освоения программы

(очная форма обучения) *4 года*

## Аннотация к рабочей программе дисциплины «Теория функций комплексного переменного»

Дисциплина «Теория функций комплексного переменного» разработана для студентов 3 курса специальности 14.03.02 «Ядерная физика и технологии» в соответствии с ОСВО ДВФУ.

Дисциплина «Теория функций комплексного переменного» («ТФКП») относится к обязательным дисциплинам базовой части Б1.Б.3.6.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (36 часов), практические занятия (18 часа), самостоятельная работа и контроль (27+ 27 часа). Дисциплина реализуется на 3 курсе в 5 семестре и заканчивается экзаменом.

Изучение данной дисциплины базируется на следующих дисциплинах: «Математический анализ», «Линейная алгебра», «Аналитическая геометрия»

### Цель.

Основная цель курса состоит в изучении основных положений теории функций комплексного переменного и ее приложений к решению задач теоретической и математической физики в области теории ядра и элементарных частиц. Знакомство с теорией функций комплексного переменного является необходимым элементом современного образования студента, специализирующегося в области теории атомного ядра и элементарных частиц.

### Задачи:

Изучение основных свойств аналитических функций.

Изучение возможности применения ТФКП к решению задач математической и теоретической физики.

Вычисление определенных интегралов и асимптотическая оценка интегралов методами ТФКП.

Для полноценного освоения содержания дисциплины студенты должны обладать предварительными компетенциями: способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3)

В результате изучения данной дисциплины у студентов формируются следующие общекультурные/ общепрофессиональные/ профессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1 Способность использовать основные законы	Знает	Основные положения теории аналитических функций
	Умеет	Использовать полученные знания в своей профессиональной деятельности.

естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического	Владеет	Точными и приближенными методами решения физических задач с использованием теории функций комплексной переменной.

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Теория функций комплексного переменного» применяются следующие методы активного/интерактивного обучения: *дискуссии во время практических занятий с привлечением оппонентов из числа студентов, совместное обсуждение различных методов решения однотипных задач.*

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины «Механика»**

Дисциплина «Механика» (Б1.Б.4.1) предназначен для студентов очной формы обучения направления подготовки 14.03.02 «Ядерная физика и технологии», профиль «Физика атомного ядра и частиц» и относится к базовой части цикла (Б1.Б).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 зачетных единиц (108 часов). Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (36 часов), практические занятия (18 часов), лабораторные работы (54 часа), самостоятельная работа студента (108 часов), контроль (54 часа). Дисциплина реализуется на 1 курсе в 1-м и семестре.

Дисциплина «Механика» логически и содержательно связана с другими изучаемыми дисциплинами: «Математический анализ», «Векторный анализ», «Линейная алгебра» и «Аналитическая геометрия», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Дифференциальные уравнения и интегральные исчисления», «Теоретическая механика».

Раздел «механика» – это важнейший раздел курса «общей физики», так как он содержит основные сведения о важнейших физических понятиях (кинематических и динамических), законах, фактах и принципах, что является необходимым фактором при изучении других разделов как курса общей физики так и других естественных дисциплин специальностей Школы естественных наук

**Целями** освоения учебной дисциплины «Механика» является формирование у студентов ясных представлений об основных понятиях и законах физики, стиля физического мышления, современной научной картины мира. Курс «Механика» должен прививать студентам высокую культуру моделирования всевозможных явлений и процессов (теоретические основы механики), знакомить с научными методами, а также подготовить общетеоретическую базу для прикладных и профилирующих дисциплин, а также прививать навыки экспериментального исследования тех или иных физических явлений и процессов, научить работать с измерительными приборами и современным экспериментальным оборудованием.

**Задачами** освоения являются:

- создание основ теоретической подготовки в области «Механика», позволяющей ориентироваться в потоке научной и технической информации;

- изучение основных физических явлений, овладение фундаментальными понятиями, законами и теориями механики, а также методами физического исследования;

- формирование научного мышления

- выработка начальных навыков проведения экспериментальных исследований с применением современных информационных технологий и

оценки погрешности измерений;

- формирование профессионального отношения к проведению научно-исследовательских и прикладных работ, развитие творческой инициативы и самостоятельности мышления.

- овладение приёмами и методами решения конкретных задач из раздела механика;

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции (элементы компетенций):

- ОПК-1 способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;

- ПК-3 готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов.

Код компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1 способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Знает	Основные законы, теории, модели, гипотезы физики
	Умеет	Получать и обобщать теоретические и экспериментальные материалы научно-исследовательских работ, анализировать физические явления и процессы при решении профессиональных задач
	Владеет	составляет научные отчеты, обзоры по результатам выполнения исследований.
ПК-3 готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов	Знает	Задачи физики, аппарат математического анализа, теории вероятностей, математической статистики.
	Умеет	Применять обобщать, анализировать информацию, применяет аппарат теории алгоритмов, физики теории вероятностей.
	Владеет	Навыками работы с экспериментальным оборудованием, методиками экспериментальных исследований, навыками работы с научной и методической литературой.

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Название» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения: «лекция-беседа», «дискуссия».

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины «Молекулярная физика»**

Рабочая программа дисциплины «Молекулярная физика» разработана для студентов 2 курса направления 14.03.02 «Ядерная физика и технологии», специализации «Физика атомного ядра и частиц».

Курс «Молекулярная физика» относится к разделу Б1.Б.4.4 базовой части учебного плана.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа. Учебным планом предусмотрены лекции (54 час.) и практические занятия (18 час.), лабораторные занятия (54 час.) и самостоятельная работа (126 час., из них 27 часов отведены на подготовку к экзамену). Дисциплина реализуется в 4 семестре 2 курса.

Молекулярная физика как раздел курса общей физики изучается после классической механики и является основой современной статистической физики и термодинамики. Главное внимание уделяется изучению особенностей молекулярной формы движения и овладению статистическими методами описания систем многих частиц (статистические закономерности) и овладению термодинамическими методами на примере молекулярных систем.

Молекулярная физика исходит из представления об атомно-молекулярном строении вещества и рассматривает теплоту как беспорядочное движение атомов и молекул. Соответственно рассматриваются свойства и строение отдельных молекул и атомов. Статистический метод устанавливает связь макроскопических свойств изучаемых систем большого числа частиц со свойствами и законами их движения. При этом возможна как задача нахождения макроскопических свойств системы по известным свойствам составляющих ее частиц, так и обратная задача, нахождение свойств частиц, составляющих систему, по ее макроскопическим свойствам. Поэтому молекулярно-кинетическая теория вещества может быть только статистической теорией, основной ее идеей является система большого числа частиц, которая измеряется параметрами и характеризуется закономерностями, имеющими статистический характер.

В случае равновесия макроскопической системы законы для средних величин, определяемые статистическим методом, совпадают с законами термодинамики. Таким образом, статистические закономерности являются теоретическим обоснованием термодинамических закономерностей.

Важное научное значение имеет изучение понятия энтропии, которое сегодня является фундаментальным понятием – универсальной мерой различных форм движения материи, мерой количества информации.

Обучение данной дисциплине основано на традиционных, академических способах изучения физической науки.

Дисциплина «Молекулярная физика» логически и содержательно связана с другими изучаемыми дисциплинами: «Механика», «Линейная алгебра», «Аналитическая геометрия», «Математический анализ».

Знания, полученные при изучении дисциплины «Молекулярная физика» будут использоваться при любой профессиональной деятельности: в научно-исследовательской студенческой курсовой и дипломной работе, в научной самостоятельной работе, в работе в качестве учителя школы и преподавателя высшего учебного заведения.

**Цель:** на основе представлений об атомно-молекулярном строении и об особой форме молекулярного движения объяснить физические свойства вещества в газообразном, жидком и твердом состояниях; описать и объяснить явления перехода из одного состояния в другое; описать и объяснить физические процессы, проходящие в веществе при внешних воздействиях.

**Задачи:**

- изучить атомно-молекулярное строение вещества в различных агрегатных состояниях;
- изучить молекулярную форму движения и ее закономерности;
- изучить тепловых свойств вещества от строения и молекулярной формы движения;
- изучить процессы, возникающие в веществах при внешних воздействиях – механических, химических и термических;
- изучить явления на границах раздела различных агрегатных состояний вещества;
- изучить процессы перехода из одного фазового состояния в другое;
- овладеть методами статистическим и термодинамическим с помощью математического аппарата: теории случайных величин и процессов, теории дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных.

Для успешного изучения дисциплины «Молекулярная физика» у студентов должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- ОК-1 владением культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения;
- ОК-2 способностью логически верно, аргументированно и ясно строить устную и письменную речь;
- ОК-6 готовностью к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общепрофессиональные/ профессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1 способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в	Знает	Основы молекулярно-кинетической теории вещества и идеального газа как простейшей модели вещества, статистический и динамический методы, принципы термодинамики, виды состояний термодинамических систем, фазовые состояния и фазовые переходы, соотношения Максвелла и функции Гиббса-

профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Умеет	Гельмгольца. Применять статистический и термодинамический методы к решению фундаментальных задач молекулярной физики: выводить основное уравнение МКТ, основное уравнение состояния идеального газа, распределение Максвелла, Больцмана, Максвелла-Больцмана, формулу Эйнштейна-Смолуховского, законы процессов переноса в газах и жидкостях; рассчитать работу идеальной тепловой машины, получить уравнения всех изопроцессов и политропных процессов, на основе теорем Клаузиуса формулировать второе начало термодинамики и закон возрастания энтропии, выводить формулу Больцмана, уравнение Ван-дер-Ваальса для реальных газов, эффект Джоуля-Томсона, уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
	Владеет	Знаниями, умениями, навыками уровня молекулярной физики для решения физических задач как теоретических, так и экспериментальных.
ПК-3 готовностью к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов	Знает	Основные методы и приемы проведения физического эксперимента, и элементарные способы обработки экспериментальных данных; устройство и принципы действия физических приборов и элементов; наиболее важные и фундаментальные достижения физической науки; связь физики с техникой, производством, другими науками
	Умеет	Формулировать цель практической работы, составлять отчет по проделанной работе, анализировать ход работы и делать соответствующие выводы.
	Владеет	Методикой и методологией проведения эксперимента с помощью методических указаний, лекций, учебников и ресурсов интернета.

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Молекулярная физика» применяются следующие методы активного/интерактивного обучения: проблемные лекции, индивидуальная работа на консультациях, работа в малых группах.

## I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

### Раздел I. Молекулярная физика. Статистический метод (16 час.)

#### Тема 1. Состояние вещества. Термодинамические параметры. Молекулярно-кинетическая теория вещества (6 час.)

Предмет и задачи молекулярной физики. Молекулярно-кинетическая теория вещества. Характеристики молекул и количества вещества.

Агрегатные состояния вещества и их признаки. Статистический и термодинамический методы в молекулярной физике и термодинамике.

Эмпирические газовые законы: законы Дальтона, Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Шарля, Паскаля, Авогадро, Менделеева-Клапейрона, тепловое расширение твердых тел. Идеальный газ как модель газообразного состояния. Молекулярно-кинетическая теория идеального газа. Давление идеального газа. Вывод основного уравнения МКТ идеального газа. Эрготическая гипотеза Больцмана.

Температура и ее физический смысл в молекулярно-кинетической теории. Теплообмен и термодинамическое равновесие. Термометрическое свойство, термометрическая величина. Термодинамическая шкала температур. Теорема Больцмана о равновесном распределении энергии по степеням свободы. Число степеней свободы. Законы идеального газа. Изотермический коэффициент сжимаемости, температурный коэффициент. Графическое представление законов идеального газа.

## **Тема 2. Элементы теории вероятности, статистический метод и статистические распределения (6 час.)**

Скорости газовых молекул. Измерение скорости газовых молекул. Опыт Штерна, метод молекулярных пучков. Элементы теории вероятности. Частота и вероятность. Дискретное и непрерывное распределение вероятности. Плотность вероятности. Условие нормировки. Теоремы сложения и умножения. Средние значения случайных величин, флуктуация. Распределение Максвелла (постановка задачи). Вывод функции распределения молекул по проекциям скоростей. Физический смысл параметра функции распределения и постоянной интегрирования.

Определение функции распределения молекул по абсолютному значению скорости. Геометрическое истолкование полученной функции. Распределение Максвелла в векторной форме и в приведенном виде. Расчеты характерных скоростей молекул при их хаотическом движении: наиболее вероятной скорости, средней и средней квадратичной скоростей, средней скорости по проекции, среднего модуля скорости по проекции, средней относительной скорости, и связи между ними.

Барометрическая формула и вывод закона Больцмана. Связь между распределениями Максвелла и Больцмана. Распределение Максвелла по значениям кинетической энергии. Распределение Максвелла-Больцмана. Распределение Больцмана для дискретного спектра значений энергии (самостоятельно).

Броуновское движение. Расчет среднего квадрата смещения броуновской частицы. Формула Эйнштейна-Смолуховского.

## **Тема 3. Неравновесные процессы. Процессы переноса в газах (4 час.)**

Элементы молекулярно-кинетической теории неравновесных процессов. Равновесное и неравновесное состояния. Релаксационные процессы и явления переноса. Эффективный диаметр и эффективное сечение молекул газа. Средняя длина свободного пробега. Потенциальная кривая межмолекулярного взаимодействия. Температурная зависимость

эффективного сечения молекул и средней длины свободного пробега для газов и жидкостей. Формула Сезерленда. Общая теория переноса в газах.

Диффузия. Самодиффузия. Коэффициент диффузии, зависимость коэффициента диффузии от температуры и давления.

Вязкость или внутреннее трение. Коэффициент вязкости и его зависимость от температуры и давления. Различие температурных зависимостей вязкости газов и жидкостей.

Теплопроводность. Коэффициент теплопроводности газов и его зависимость от температуры и давления. Соотношение между коэффициентами переноса.

## **Раздел 2. Основные принципы (начала) термодинамики. Термодинамический метод (20 часов)**

### **Тема 1. Нулевое и первое начало термодинамики. Изопроецессы, политропные процессы. Классическая теория теплоемкости (6 час.)**

Нулевое начало термодинамики. Термодинамические процессы: равновесные или квазистатические, обратимые и необратимые, круговые или циклические. Внутренняя энергия, работа, теплота. Принцип эквивалентности теплоты и работы, опыты Майера и Джоуля. Вывод первого начала термодинамики.

Теплоемкость идеального газа. Теплоемкость при постоянном объеме и давлении. Энтальпия. Вывод уравнения Роберта-Майера. Применение первого начала термодинамики к изопроецессам идеального газа. Адиабатный процесс. Вывод уравнения Пуассона. Работа идеального газа при адиабатном процессе. Политропный процесс. Вывод уравнения политропы.

Классическая теория теплоемкостей газов и твердых тел (число степеней свободы, теорема Больцмана о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы). Закон Дюлонга-Пти. Недостатки классической теории теплоемкости твердых тел. Элементы квантовой теории теплоемкости. Вывод формулы Эйнштейна. Недостатки теории Эйнштейна.

Теория теплоемкости твердых тел Дебая. Несколько слов о теплопроводности твердых тел. Вывод закона Дебая. Характеристическая температура твердого тела или температура Дебая. Развитие теории теплоемкости твердых тел из представления о фононах и фононном газе.

### **Тема 2. Второе начало термодинамики. Теоремы Карно и теоремы Клаузиуса (2 час.)**

Второе начало термодинамики. Формулировки второго начала термодинамики Клаузиуса, Кельвина и Планка. Цикл Карно. Вывод работы и к.п.д. идеального цикла Карно. Первая и вторая теоремы Карно. Теорема Клаузиуса о приведенной теплоте. Энтропия и термодинамический смысл энтропии в идеальном обратимом процессе. Математическое выражение второго начала термодинамики для обратимых квазистатических процессов. T-S диаграммы.

Статистический смысл второго начала термодинамики. Вывод формулы Больцмана для энтропии. Закон возрастания энтропии Клаузиуса. Энтропия необратимых процессов.

### **Тема 3. Газы с межмолекулярным взаимодействием (реальные газы) и жидкости (6 час.)**

Реальные газы. Вывод уравнения Ван-дер-Ваальса. Физический смысл постоянных величин уравнения Ван-дер-Ваальса. Теоретические изотермы газа Ван-дер-Ваальса. Критические параметры состояния вещества. Закон соответственных состояний. Термодинамика реального газа. Внутренняя энергия и работа реального газа.

Эффект Джоуля-Томсона. Термодинамика эффекта Джоуля-Томсона. Кривая инверсии дифференциального эффекта Джоуля-Томсона. Интегральный эффект Джоуля-Томсона.

Поверхностное натяжение и термодинамика поверхностного натяжения. Краевые углы. Смачивание и несмачивание. Разность давлений по разные стороны изогнутой поверхности жидкости. Формула Лапласа.

### **Тема 4. Фазовые равновесия и фазовые превращения (2 час.)**

Фазы и фазовые превращения. Условия равновесия фаз химически однородного вещества.

Вывод уравнения Клапейрона-Клаузиуса. Фазовые переходы первого рода. Испарение и конденсация. Плавление и кристаллизация. Диаграммы состояния и тройные точки.

Фазовые переходы второго рода (общие формулировки).

### **Тема 5. Термодинамические функции и условия термодинамической устойчивости (4 час.)**

Метод термодинамических потенциалов или характеристических функций. Термодинамический потенциал или функция Гиббса. Соотношения Максвелла. Основной критерий термодинамической устойчивости.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Практические занятия (18 час.)**

**Занятие 1-2. Идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа. Закон Дальтона. Закон Авогадро. Закон Паскаля, барометрическая формула (4 час.)**

1.1. Связь между основными кинетическими характеристиками газа: относительная молекулярная масса, молярная масса, число Авогадро, число Лошмидта, концентрация, плотность. Смесь газов. Закон Дальтона. Молярные и удельные величины (№№ 2.1. – 2.6 по И.Е. Иродову, №№ 2.1 – 2.8 по И.В.Савельеву).

- 1.2. Термометрия. Термометрическое тело, термометрическая величина. Шкала температур ( №№10 – 15 по Д.Т. Сахарову, №№627 – 632 под ред. Д.В. Сивухина).
- 1.3. Уравнение состояния идеального газа. Процессы. Уравнения процессов в интегральной и дифференциальной форме (№№2.7 – 2.13 по И.Е.Иродову, №№2.27 – 2.31 по И.В.Савельеву).
- 1.4. Давление газа. Закон Паскаля, барометрическая формула. Градиент температуры по высоте столба газа в однородном поле сил тяжести (№ №2.14 – 2.21 по И.Е.Иродову).

#### **Занятие 3-4. Молекулярно-кинетическая теория. Распределение Максвелла и Больцмана (4 час.)**

- 2.1. Функция распределения вероятностей дискретных и непрерывных значений случайной величины. Вычисление основных характеристик функции распределения (№№2.85 – 2.86 по И.Е.Иродову, №№2.74 – 2.78 по И.В.Савельеву).
- 2.2. Распределение Максвелла по проекциям скоростей, по абсолютным значениям скоростей, в «приведенном» виде. Вычисление характеристических скоростей (№№2.88 – 2.104, 2.108 – 2.109 по И.Е.Иродову, №№2.79, 2.78, 2.84, 2.87 по И.В.Савельеву).
- 2.3. Функция распределения молекул по кинетическим энергиям. Вычисление характеристических энергий и сравнение их с характеристическими скоростями (№№2.105 – 2.107 по И.Е.Иродову, № №2.90 по И.В.Савельеву).
- 2.4. Распределение Больцмана. Распределение молекул в однородном потенциальном поле, в поле инерциальных сил (№№2.109 – 2.121 по И.Е.Иродову). Распределение Больцмана для дискретных значений энергии (№2.100 по И.В.Савельеву).

#### **Занятие 5. Элементы молекулярно-кинетической теории неравновесных процессов. Явления переноса (2 час.)**

- 3.1. Относительное число молекул газа, пролетающих путь  $S$  без столкновений. Средняя длина свободного пробега молекул. Распределение свободных пробегов частиц. Эффективное сечение взаимодействия молекул (№№2.235 – 2.239, 2.242 – 2.243 по И.Е.Иродову).
- 3.2. Вязкость, теплопроводность и диффузия газов. Коэффициенты вязкости, теплопроводности и диффузии (№№2.250 – 2.255, 2.266 – 2.272 по И.Е.Иродову)

#### **Занятие 6. Первое начало термодинамики. Теплоемкость. Уравнения процессов на основе первого начала термодинамики для идеальных газов (2 час.)**

- 4.1. Работа, теплота, внутренняя энергия в интегральной и дифференциальной форме. Вычисление этих термодинамических

функций (№№2.25 – 2.43 по И.Е.Иродову, №№2.10 – 2.13, 2.41 – 2.56 по И.В.Савельеву).

- 4.2. Теплоемкость. Число степеней свободы. Использование дифференциальной формы записи первого начала термодинамики для нахождения уравнения процесса и теплоемкости газа (№№2.44 – 2.56, 2.69 – 2.84 по И.Е.Иродову, №№2.58 – 2.62 по И.В.Савельеву).

### **Занятие 7. Второе начало термодинамики. Неравенство Клаузиуса. Энтропия (2 час.)**

- 5.1. Расчет к.п.д. тепловых и холодильных машин, в которых идеальный газ совершает циклы, состоящие из различных изопроцессов (например: циклы Дизеля и Отто). Цикл Карно и к.п.д. цикла Карно (№№2.122 – 2.135 по И.Е.Иродову, №№2.154 – 2.160 по И.В.Савельеву).
- 5.2. Неравенство Клаузиуса. Изменение энтропии при обратимых квазистатических процессах или основное уравнение термодинамики для обратимых процессов в идеальных газах (№№2.137 – 2.146 по И.Е.Иродову).
- 5.3. Свободная энергия Гельмгольца и работа идеального газа в квазистатическом изотермическом процессе (№№2.162 – 2.165 по И.Е.Иродову).
- 5.4. Статистический смысл энтропии. Формула Больцмана (№№2.164 – 2.170 по И.Е.Иродову, №№2.106 – 2.109 по И.В.Савельеву).

### **Занятие 8. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Термодинамика реального газа (2 час.)**

- 6.1. Уравнение состояния ван-дер-ваальсовского газа. Постоянные Ван-дер-Ваальса и их физический смысл. Кинетика процессов в реальных газах (№№2.22 – 2.24, 2.212 – 2.224 по И.Е.Иродову, №№2.162 - 2.165 по И.В.Савельеву).
- 6.2. Применение первого начала термодинамики для решения задач с ван-дер-ваальсовским газом (№№2.57 – 2.62, 2.225 – 2.227 по И.Е.Иродову, №№2.166 – 2.171 по И.В.Савельеву).
- 6.3. Эффект Джоуля-Томсона. Вычисление приращения температуры вследствие эффекта Джоуля-Томсона (№№2.63 – 2.65 по И.Е.Иродову, №№2.172 – 2.175 по И.В.Савельеву).
- 6.4. Изменение энтропии при квазистатических обратимых процессах – основное уравнение термодинамики для ван-дер-ваальсовского газа в интегральной и дифференциальной форме (№№2.147 – 2.148 по И.Е.Иродову).

### **Занятие 9. Жидкости. Капиллярные явления (2 часа)**

- 7.1. Добавочное (капиллярное) давление в жидкости под произвольной поверхностью. Формула Лапласа (№№2.171 – 2.191 по И.Е.Иродову).
- 7.2. Приращение свободной энергии поверхностного слоя жидкости. Расчет количества тепла, необходимого для образования единицы площади

поверхностного слоя жидкости при изотермическом увеличении ее поверхности (№№2.192 – 2.197 по И.Е.Иродову).

### **Лабораторные работы (54 час.)**

**Лабораторная работа №2.1.** Изучение температурной зависимости вязкости жидкости при помощи вискозиметра с падающим шариком (5 час.).

**Лабораторная работа №2.2.** Экспериментальная проверка газового закона Бойля-Мариотта с применением установки Собро3 (5 час).

**Лабораторная работа №2.3.** Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости методом отрыва кольца с применением установки Собро3 (5 час).

**Лабораторная работа №2.4.** Определение теплоемкости металлов (5 час).

**Лабораторная работа № 2.5.** Распределение молекул газа по скоростям (распределение Максвелла) (5 час).

**Лабораторная работа №2.6.** Моделирование распределения концентрации молекул газа в гравитационном поле Земли (барометрическая высота) (5 час).

**Лабораторная работа №2.7.** Определение коэффициента поверхностного натяжения (5 час).

**Лабораторная работа №2.10.** Определение коэффициента вязкости и средней длины свободного пробега молекул воздуха (5 час).

**Лабораторная работа №2. 14.** Определение коэффициента теплового расширения металлов (5 час).

**Лабораторная работа №2.12.** Снятие кривой плавления и кристаллизации гипосульфита (5 час).

**Лабораторная работа №2.17.** Определение отношения теплоемкостей при постоянном давлении и постоянном объеме методом Клемана и Дезорма (4 час).

**Лабораторная работа №2.18.** Определение коэффициента внутреннего трения жидкости по методу Стокса (5 час).

### **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ДЛЯ ОБУЧАЕМЫХ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Молекулярная физика» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

#### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
				1.	Агрегатные состояния вещества и их признаки
Умеет	Устный опрос (УО-1) и отчет по лабораторной работе №2.12, №2.14 (ПР-6)				
Владеет	Контрольная работа по решению задач №2 (ПР-2)				
2.	Молекулярно-кинетическая теория вещества, молекулярно-кинетическая теория идеального газа	ОПК-1 ПК-3	Знает	Дом. Задание: решение задач №2.7-2.13 Устный опрос (УО-1) ; отчет по лабораторным работам №2.2 (ПР-6)	Экзаменационные вопросы 4-7  Тестирование № 1 (ПР-1)
Умеет					
Владеет					
3.	Распределение Максвелла. Распределение Больцмана и барометрическая	ОПК-1 ПК-3	Знает	Устная защита решений индивидуальных задач (УО-1); Отчеты и	Экзаменационные вопросы 8-16  Тестирование № 1 (ПР-1)

	формула. Распределение Максвелла- Больцмана. Броуновское движение и формула Эйнштейна- Смолуховского.		Умеет	теоретический опрос по лабораторным работам №2.5, №2.6 (ПР-6), отчет по зачетным задачам	
			Владеет		
4.	Эффективный диаметр и эффективное сечение молекул. Среднее число столкновений и длина свободного пробега. Неравновесные процессы и явления переноса (диффузия, вязкость и теплопроводность )	ОПК- 1 ПК-3	Знает	Отчеты и теоретические опросы по лабораторным работам №2.1, №2.10, №2.18 (УО-1), (ПР-6), отчеты по решению зачетных задач	Экзаменационные вопросы 17-21  Тестирование № 2 (ПР-1)
		Умеет			
		Владеет			
5.	Нулевое и первое начало термодинамики. Теплота и работа. Внутренняя энергия и энтальпия. Число степеней свободы. Адиабатный и политропный процессы.	ОПК- 1 ПК-3	Знает	Контрольная работа по теории №3, контрольная работа по решению задач №4 (ПР-2) ,отчет по теории и эксперименту лабораторной работы №2.17 (УО-1), (ПР-6), отчет по решению зачетных задач	Экзаменационные вопросы 22-26  Тестирование № 3 (ПР-1)
		Умеет			
		Владеет			
6.	Классическая теория теплоемкости газов и твердых тел (теория	ОПК- 1 ПК-3	Знает	Контрольная работа по теории (ПР-2), отчет по теории и эксперименту	Экзаменационные вопросы 27-28  Тестирование № 3 (ПР-1)

	Дюлонга-Пти). Элементы квантовой теории теплоемкости твердых тел (теория Эйнштейна и теория Дебая).		Умеет	лабораторной работы №2.4 (УО-1), (ПР-6)	
			Владеет		
7.	Второе начало термодинамики. Теоремы Карно. Теоремы Клаузиуса. Энтропия и ее термодинамическ ий смысл в идеальном обратимом процессе. Статистический смысл второго начала термодинамики, формула Больцмана.	ОПК- 1  ПК-3	Знает	Контрольная работа по теории №5, контрольная работа по решению задач №6 (ПР-2), отчет по теории и эксперименту лабораторной работы №2. (УО- 1), (ПР-6)	Экзаменационные вопросы 29-33  Тестирование № 4 (ПР-1)
			Умеет		
			Владеет		
8.	Реальные газы. Экспериментальн ые и теоретические изотермы реальных газов. Уравнение Ван- дер-Ваальса. Метастабильные состояния. Критическое состояние системы и его параметры.	ОПК- 1  ПК-3	Знает	Отчет по решению зачетных задач, Устный опрос по теории. (УО-1)	Экзаменационные вопросы 34-35  Тестирование №4 (ПР-1)
			Умеет		
			Владеет		
9.	Молекулярные силы в жидкостях. Явления на границе жидкости. Смачивание и	ОПК- 1  ПК-3	Знает	Отчет по теории и эксперименту лабораторной работы №2.3, №2.7 (УО-1), (ПР-6)	Экзаменационные вопросы 37-39  Тестирование №4 (ПР-1)
			Умеет		

	несмачивание. Капиллярные		Владеет		
10.	Фазовые равновесия и фазовые переходы. Диаграммы состояния. Тройная точка. Фазовые переходы первого и второго рода. Зависимость температуры фазового перехода от давления. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.	ОПК-1 ПК-3	Знает Умеет Владеет	Отчет по теории и эксперименту лабораторной работы №2.12, устный опрос по теории. (УО-1), (ПР-6)	Экзаменационные вопросы 31, 39
11.	Термодинамическое или характеристическое функции. Соотношения Максвелла. Уравнения Гиббса-Гельмгольца.	ОПК-1 ПК-3	Знает Умеет Владеет	Устный опрос по теории, отчет по решению зачетных задач. (УО-1)	Экзаменационные вопросы 40 Контрольная работа (ПР-2)
12.	Эффект Джоуля-Томсона. Термодинамика эффекта Джоуля-Томсона. Кривая инверсии дифференциально эффекта Джоуля-Томсона. Интегральный эффект Джоуля-Томсона.	ОПК-1 ПК-3	Знает Умеет Владеет	Отчет по решению зачетных задач, устный опрос по теории (УО-1)	Экзаменационные вопросы 36 Контрольная работа (ПР-2)

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

1. Кикоин И.К., Кикоин А.К. Молекулярная физика./ Изд.4-е стер. – СПб: «Лань»., 2008. – 480с.
2. Савельев И.В. Курс физики: Том 1. Молекулярная физика: – СПб.: Изд-во «Лань», 2008г.-352с.
3. <http://e.lanbook.com/books/38/> Валишев М.Г., Повзнер А.А. Курс общей физики : Учебное пособие. 2-е изда., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 576с.
4. <http://e.lanbook.com/books/163/> Ивлиев А.Д. Физика : Учебное пособие. 2-е изд., испр. – СПб.: Издательство «Лань», 2009. – 672с.
5. <http://e.lanbook.com/books/239/> Курс физики: Учебник для вузов: В 2 т. Т. 2. 6-е изд., испр. и доп. / Под ред. В.Н. Лозовского. – СПб: Издательство «Лань», 2009. – 608с.
6. <http://e.lanbook.com/books/236/> Курс физики: Учебник для вузов: В 2 т. Т. 1. 6-е изд., испр. и доп. / Под ред. В.Н. Лозовского. – СПб: Издательство «Лань», 2009. – 608с.

### **Дополнительная литература**

1. Белонучкин В.Е., Заикин Д.А., Ципенюк Ю.М. Основы физики, т.П, М.: Физматлит, 2007.
2. Матвеев А.Н. Молекулярная физика, М., Высшая школа, 1987, -360 с.
3. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Молекулярная физика: учебное пособие для студентов физических специальностей вузов/А.К. Кикоин, И.К. Кикоин. – Москва, «Наука», 1976. -480с.
4. Трофимова Т.И. Курс физики: учебное пособие / Т.И. Трофимова – Москва, «Высшая школа, 1985.- 432 с.
5. Савельев И.В. Курс общей физики, Т.1: учебное пособие / И.В. Савельев, Москва, «Наука», 1987. – 432с.
6. Иродов И.В. Задачи по общей физике: учебное пособие /И.В. Иродов – Москва, «Наука», 2004.-416с.
7. Сахаров Д.И. Сборник задач по физике: учебное пособие / Москва, Просвещение»,1967. – 287с.

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. [www.lectoriy.mipt.ru...](http://www.lectoriy.mipt.ru...)
2. [www.window.edu.ru](http://www.window.edu.ru)
3. [www.dic.academic.ru](http://www.dic.academic.ru)

### **Перечень информационных технологий**

## **и программного обеспечения**

При осуществлении образовательного используется следующее программное обеспечение: MicrosoftOffice (Excel, PowerPoint, Word и т. д), OpenOffice, Skype, программное обеспечение электронного ресурса сайта ДВФУ, включая ЭБС ДВФУ.

Методические пособия для выполнения лабораторных работ размещены в интегрированной платформе электронного обучения Blackboard ДВФУ.

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

*Содержание методических указаний включает:*

- рекомендации по планированию и организации времени, отведенного на изучение дисциплины;
- описание последовательности действий студента, или алгоритм изучения дисциплины;
- рекомендации по работе с литературой;
- методические указания к выполнению лабораторных работ
- методические указания к решению задач.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лабораторные работы выполняются на современном оборудовании в специализированной лаборатории, оснащенной следующим оборудованием:

Измерительное кольцо для определения поверхностного натяжения

Базовая установка системы Кобра3

Источник питания, 12 В

Информационный кабель типа RS 232 1

Программное обеспечение для датчика Силы/Тесла системы Кобра3

Измерительный модуль, Ньютон Датчик Ньютона

Прямоугольный зажим «PASS»

Треножник «PASS»

Стержень штативный «PASS», прямоугольный, l = 250 мм

Лабораторная подъемная платформа, 160 x 130 мм

Чашка Петри, d = 200 мм, стекло

ПК с системой Windows® 95 или выше

Аппарат для изучения кинетической теории газов

Источник питания, регул., 15 В перем. ток / 12 В пост. ток / 5 А

Световой барьер со счетчиком

Источник питания 5 В пост. ток / 2,4 А

Стробоскоп с цифровым индикатором

Секундомер, цифровой

Стеклянные шарики, d=2 мм, 10000 шт.

Стальные шарики, d=2 мм, 1000 шт.

Треножник «ПАСС»

Штатив «ПАСС», прямоугольный, l=400 мм

Прямоугольный зажим «ПАСС»

Соединительный шнур, 750 мм, красный

Соединительный шнур, 750 мм, синий  
Вискозиметр с падающим шариком  
Термометр, 24..+51°C, для вискозиметра с падающим шариком  
Погружной термостат ТС10  
Набор приспособлений для термостата  
Ванна для термостата, макролон  
Подставка под реторту, 210x130 мм, h=750 мм  
Универсальный зажим с шарниром  
Пикнометр, калиброванный, 25 мл  
Мерная колба, 100 мл, NS12/21  
Мензурка, высокая, 150 мл, стеклянная  
Мензурка, низкая, 250 мл, стеклянная  
Пипетки Пастера, l=145 мм, 250 шт.  
Резиновые наконечники для пипеток, 10 шт.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ  
ОБУЧАЮЩИХСЯ  
по дисциплине «Молекулярная физика»  
Направление подготовки 14.03.02 «Ядерная физика и технологии»  
Профиль «Физика атомного ядра и частиц»  
Форма подготовки очная**

**Владивосток  
2015**

### План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение, час	Форма контроля
1	3 неделя семестра	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям, самостоятельное решение задач.	4	Контрольная работа по теории №1.
2	5 неделя семестра	Подготовка к тестированию по теме: «МКТ идеального газа. Распределение Максвелла».	3	Тестирование №.1 (5 заданий)
3	6 неделя семестра	Решение индивидуальных задач по теме: «Распределение Максвелла, распределение Больцмана»	4	Защита решений индивидуальных задач на консультации
4	7 и 8 недели семестра	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям, самостоятельное решение задач по теме: «Первое начало термодинамики и его применение к изопроцессам»	4	Защита решений индивидуальных задач
5	9 неделя семестра	Подготовка к тестированию по теме: «Распределение Максвелла-Больцмана. Общая теория процессов переноса в газах»	3	Тестирование №2 (5 заданий)
6	10 и 11 недели семестра	Подготовка к тестированию по теме: «Первое начало термодинамики. Классическая теория теплоемкости. Элементы квантовой теории теплоемкости».	3	Тестирование №3. (5 заданий)
7	12 неделя семестра	Решение индивидуальных задач по теме: «Расчет к.п.д. идеальных тепловых машин»	3	Защита решений индивидуальных задач на консультации

8	13 неделя семестра	Подготовка к контрольной работе по теме: «Энтропия. Термодинамический и статистический смысл энтропии»	4	Контрольная работа №2(теория)
9	14 и 15 недели семестра	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям «Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса». Самостоятельное решение задач.	3	Защита решений индивидуальных задач.
10	16 неделя семестра	Подготовка к тестированию по теме «Второе начало термодинамики. Реальные газы. Фазовые равновесия и фазовые превращения».	3	Тестирование №4 (5заданий)
11	17 неделя семестра	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям по теме «Термодинамические функции и условия термодинамической устойчивости»	2	Итоговое тестирование
12		Экзамен	36	

### **Характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению**

Самостоятельная работа студентов направлена на решение следующих задач:

- стимулирование ритмичной учебной, познавательной и творческой деятельности в течение всего семестра;
- совершенствование навыков поиска необходимой научной и учебно-методической литературы;
- совершенствование умений решать физические задачи различного уровня сложности;
- развитие аналитического мышления и коммуникативных способностей.

При подготовке к практическим занятиям студенты изучают научную, учебную и методическую литературу по соответствующей теме (см. темы занятий практической части курса).

#### **1. Работа с теоретическим материалом.**

**Цель:** получить хорошие знания по дисциплине и научиться работать самостоятельно.

### **Задачи:**

- приобретение навыков самостоятельной работы с лекционным материалом;
- приобретение навыков самостоятельной работы с основной и дополнительной литературой, пользоваться интернет – ресурсами;
- умение анализировать практические задачи, ставить и решать аналогичные задачи.

Работа с теоретическим материалом должна осуществляться на основе лекционного курса дисциплины. Для этого студент должен вести конспект лекций и уметь работать с ним.

Работа с литературой предполагает самостоятельную работу с учебниками, книгами, учебными пособиями, учебно-методическими пособиями по выполнению курсовой работы и выпускной квалификационной работы, с нормативно-правовыми источниками. Перечень литературы: основной, дополнительной, нормативной и интернет-ресурсов приведен в разделе V «Учебно-методическое обеспечение дисциплины» настоящей рабочей программы.

Самостоятельная работа с литературными источниками требует от студента усидчивости, терпения и сосредоточенности. Чтобы лучше понять существо вопроса, желательно законспектировать изучаемый материал, сделать нужные пометки, отметить вопросы для консультации с преподавателем.

## **2. Подготовка к контрольным работам.**

**Цель:** получить хорошие знания по дисциплине и научиться работать самостоятельно.

### **Задачи:**

- приобретение навыков самостоятельной работы решения задач;
- приобретение навыков самостоятельной работы с основной и дополнительной литературой, пользоваться интернет – ресурсами;
- умение анализировать практические задачи, ставить и решать аналогичные задачи.

Контрольные работы позволяют закрепить теоретический материал курса. В процессе изучения физики студент должен выполнить в каждом семестре три контрольные работы. Решение задач контрольных работ является проверкой степени усвоения студентом теоретического курса, а оценка преподавателя на работу помогают ему доработать и правильно освоить различные разделы курса физики. Перед выполнением контрольной работы необходимо внимательно ознакомиться с примерами решения задач по данной контрольной работе, уравнениями и формулами, а также со справочными материалами.

### **Методические указания к выполнению контрольной работы.**

Контрольную работу следует выполнять аккуратно. Для пояснения решения задачи там, где это нужно, аккуратно сделать чертеж; решение задачи и используемые формулы должны сопровождаться пояснениями; в пояснениях к задаче необходимо указывать те основные законы и формулы,

на которых базируется решение данной задачи; при получении расчетной формулы для решения конкретной задачи приводить ее вывод; задачу рекомендуется решить сначала в общем виде, т. е. только в буквенных обозначениях, поясняя применяемые при написании формул буквенные обозначения; вычисления следует проводить с помощью подстановки заданных числовых величин в расчетную формулу. Все необходимые числовые значения величин должны быть выражены в системе СИ (см. справочные материалы). По окончании решения проверить единицы полученных величин по расчетной формуле и тем самым подтвердить ее правильность; константы физических величин и другие справочные данные выбирать из таблиц.

### **Выполнение лабораторных работ.**

**Цель:** получить хорошие знания по дисциплине и научиться работать самостоятельно.

#### **Задачи:**

- приобретение навыков самостоятельной работы при выполнении лабораторного практикума знакомство с устройством и принципами действия физических приборов и их элементов;
- приобретение навыков самостоятельной работы с основной и дополнительной литературой, пользоваться интернет – ресурсами;
- умение анализировать результаты физического эксперимента, ставить и решать аналогичные задачи.

При прохождении лабораторного практикума каждый студент выполняет несколько лабораторных работ. Перед выполнением лабораторной работы студент должен ознакомиться с методическими указаниями к данной работе, подготовиться к устному опросу по теоретическому материалу, который там приведен, разобраться с методикой проведения физического эксперимента и обработки экспериментальных данных; ответить на контрольные вопросы, составить отчет.

### **Вопросы к лабораторным работам**

Вопросы к лабораторным работам приведены в приложении 2.

#### ***Примеры домашних контрольных задач***

1. 6 г углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ) и 5 г закиси азота ( $\text{N}_2\text{O}$ ) заполняют сосуд объемом в  $2 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>. Каково общее давление в сосуде при температуре 127° С?
2. Найти среднюю квадратичную скорость молекул газа, плотность которого при давлении 750 мм. рт. ст. равна  $8,2 \cdot 10^{-5}$  г/см<sup>3</sup>. 2) Чему равна масса одного киломоля этого газа, если значение плотности дано для температуры 17° С?

3. 7 г углекислого газа было нагрето на  $10^\circ$  в условиях свободного расширения. Найти работу расширения газа и изменение его внутренней энергии.

4. Идеальная холодильная машина, работающая по обратному циклу Карно, совершает за один цикл работу, равную 3.7 кДж. При этом она берет тепло от тела с температурой  $t_2 = -10^\circ \text{C}$  и передает тепло телу с температурой  $+17^\circ \text{C}$ . Найти: 1) к. п. д. цикла; 2) количество тепла, отнятого у холодного тела за один цикл; 3) количество тепла, переданного горячему телу за один цикл.

5. Баллон емкостью 12 л наполнен азотом при давлении 8,1 МПа и температуре  $17^\circ \text{C}$ . Какая масса азота находится в баллоне?

6. Найти удельную теплоемкость при постоянном давлении газовой смеси, состоящей из 3 кмоль аргона и 2 кмоль азота.

7. До какой температуры охладится воздух, находящийся при температуре  $0^\circ \text{C}$ , если он расширяется адиабатически от объема  $V_1$  до объема  $V = 2V_1$ ?

8. Идеальная тепловая машина, работающая по циклу Карно, получает за каждый цикл от нагревателя 2,512 кДж. Температура нагревателя  $400^\circ \text{K}$ , температура холодильника  $300^\circ \text{K}$ . Найти работу, совершаемую машиной за один цикл, и количество тепла, отдаваемого холодильнику за один цикл.

## **Требования к представлению и оформлению лабораторных работ**

Изучение методики выполнения работы производится студентами до начала занятий самостоятельно и включает в себя изучение физической сути исследуемого явления и принципиальной схемы экспериментальной установки. Для этого в начале каждого методического указания имеется краткий теоретический материал. Дополнительный материал можно получить, изучая учебную и научную литературу, список которой приводится в каждом методическом указании. После изучения теоретического материала студент должен знать ответы на контрольные вопросы. В тетради для лабораторного практикума (рабочая тетрадь) должны быть подготовлены расчетные формулы, таблицы для записи измеренных значений, вычерчена электрическая принципиальная схема экспериментальной установки.

Отчет по лабораторной работе должен включать следующие разделы:

- 1) название лабораторной работы, ее номер;
- 2) цель работы;
- 3) перечень используемых приборов, принадлежностей и оборудования;
- 4) принципиальная схема установки;
- 5) расчетные формулы, характеристики используемых приборов;
- 6) таблицы с результатами измерений;
- 7) графическое представление результатов;
- 8) расчеты погрешностей измерения;

- 9) окончательный результат с учетом погрешностей измерения;
- 10) выводы по работе.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
по дисциплине «Молекулярная физика»  
Направление подготовки 14.03.02 «Ядерная физика и технологии»  
Профиль «Физика атомного ядра и частиц»  
Форма подготовки очная**

**Владивосток  
2015**

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1 способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Знает	Основы молекулярно-кинетической теории вещества и идеального газа как простейшей модели вещества, статистический и динамический методы, принципы термодинамики, виды состояний термодинамических систем, фазовые состояния и фазовые переходы, соотношения Максвелла и функции Гиббса-Гельмгольца.
	Умеет	Применять статистический и термодинамический методы к решению фундаментальных задач молекулярной физики: выводить основное уравнение МКТ, основное уравнение состояния идеального газа, распределение Максвелла, Больцмана, Максвелла-Больцмана, формулу Эйнштейна-Смолуховского, законы процессов переноса в газах и жидкостях; рассчитать работу идеальной тепловой машины, получить уравнения всех изопроцессов и политропных процессов, на основе теорем Клаузиуса формулировать второе начало термодинамики и закон возрастания энтропии, выводить формулу Больцмана, уравнение Ван-дер-Ваальса для реальных газов, эффект Джоуля-Томсона, уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
	Владеет	Знаниями, умениями, навыками уровня молекулярной физики для решения физических задач как теоретических, так и экспериментальных.
ПК-3 готовностью к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов	Знает	Основные методы и приемы проведения физического эксперимента, и элементарные способы обработки экспериментальных данных; устройство и принципы действия физических приборов и элементов; наиболее важные и фундаментальные достижения физической науки; связь физики с техникой, производством, другими науками
	Умеет	Формулировать цель практической работы, составлять отчет по проделанной работе, анализировать ход работы и делать соответствующие выводы.
	Владеет	Методикой и методологией проведения эксперимента с помощью методических указаний, лекций, учебников и ресурсов интернета.

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1.	Агрегатные состояния вещества и их признаки	ОПК-1 ПК-3	Знает	Контрольная работа по теории №1 (ПР-2)	Экзаменационные вопросы 1-3
			Умеет	Устный опрос (УО-1) и отчет по лабораторной работе №2.12, №2.14 (ПР-6)	Тестирование №1 (ПР-1)
			Владеет	Контрольная работа по решению задач №2 (ПР-2)	
2.	Молекулярно-кинетическая теория вещества, молекулярно-кинетическая теория идеального газа	ОПК-1 ПК-3	Знает	Дом. Задание: решение задач №2.7-2.13	Экзаменационные вопросы 4-7
			Умеет	Устный опрос (УО-1) ; отчет по лабораторным работам №2.2 (ПР-6)	Тестирование № 1 (ПР-1)
			Владеет		
3.	Распределение Максвелла. Распределение Больцмана и барометрическая формула. Распределение Максвелла-Больцмана. Броуновское движение и	ОПК-1 ПК-3	Знает	Устная защита решений индивидуальных задач (УО-1); Отчеты и теоретический опрос по лабораторным работам №2.5, №2.6 (ПР-6), отчет по зачетным	Экзаменационные вопросы 8-16
			Умеет		Тестирование № 1 (ПР-1)

	формула Эйнштейна-Смолуховского.		Владеет	задачам	
4.	Эффективный диаметр и эффективное сечение молекул. Среднее число столкновений и длина свободного пробега. Неравновесные процессы и явления переноса (диффузия, вязкость и теплопроводность )	ОПК-1 ПК-3	Знает	Отчеты и теоретические опросы по лабораторным работам №2.1, №2.10, №2.18 (УО-1), (ПР-6), отчеты по решению зачетных задач	Экзаменационные вопросы 17-21  Тестирование № 2 (ПР-1)
			Умеет		
			Владеет		
5.	Нулевое и первое начало термодинамики. Теплота и работа. Внутренняя энергия и энтальпия. Число степеней свободы. Адиабатный и политропный процессы.	ОПК-1 ПК-3	Знает	Контрольная работа по теории №3, контрольная работа по решению задач №4 (ПР-2) ,отчет по теории и эксперименту лабораторной работы №2.17 (УО-1), (ПР-6), отчет по решению зачетных задач	Экзаменационные вопросы 22-26  Тестирование № 3 (ПР-1)
			Умеет		
			Владеет		
6.	Классическая теория теплоемкости газов и твердых тел (теория Дюлонга-Пти). Элементы квантовой теории теплоемкости твердых тел (теория Эйнштейна и теория Дебая).	ОПК-1 ПК-3	Знает	Контрольная работа по теории (ПР-2), отчет по теории и эксперименту лабораторной работы №2.4 (УО-1), (ПР-6)	Экзаменационные вопросы 27-28  Тестирование № 3 (ПР-1)
			Умеет		
			Владеет		

7.	Второе начало термодинамики. Теоремы Карно. Теоремы Клаузиуса. Энтропия и ее термодинамический смысл в идеальном обратимом процессе. Статистический смысл второго начала термодинамики, формула Больцмана.	ОПК-1 ПК-3	Знает	Контрольная работа по теории №5, контрольная работа по решению задач №6 (ПР-2), отчет по теории и эксперименту лабораторной работы №2. (УО-1), (ПР-6)	Экзаменационные вопросы 29-33 Тестирование №4 (ПР-1)
			Умеет		
			Владеет		
8.	Реальные газы. Экспериментальные и теоретические изотермы реальных газов. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Метастабильные состояния. Критическое состояние системы и его параметры.	ОПК-1 ПК-3	Знает	Отчет по решению зачетных задач, Устный опрос по теории. (УО-1)	Экзаменационные вопросы 34-35 Тестирование №4 (ПР-1)
			Умеет		
			Владеет		
9.	Молекулярные силы в жидкостях. Явления на границе жидкости. Смачивание и несмачивание. Капиллярные явления, формула Лапласа.	ОПК-1 ПК-3	Знает	Отчет по теории и эксперименту лабораторной работы №2.3, №2.7 (УО-1), (ПР-6)	Экзаменационные вопросы 37-39 Тестирование №4 (ПР-1)
			Умеет		
			Владеет		
10.	Фазовые равновесия и фазовые переходы.	ОПК-1 ПК-3	Знает	Отчет по теории и эксперименту лабораторной работы №2.12,	Экзаменационные вопросы 31, 39

	<p>Диаграммы состояния. Тройная точка. Фазовые переходы первого и второго рода. Зависимость температуры фазового перехода от давления. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.</p>		<p>Умеет</p>	<p>устный опрос по теории. (УО-1), (ПР-6)</p>	
			<p>Владеет</p>		
11.	<p>Термодинамическое или характеристическое функции. Соотношения Максвелла. Уравнения Гиббса-Гельмгольца.</p>	<p>ОПК-1 ПК-3</p>	<p>Знает</p>	<p>Устный опрос по теории, отчет по решению зачетных задач. (УО-1)</p>	<p>Экзаменационные вопросы 40  Контрольная работа (ПР-2)</p>
			<p>Умеет</p>		
			<p>Владеет</p>		
12.	<p>Эффект Джоуля-Томсона. Термодинамика эффекта Джоуля-Томсона. Кривая инверсии дифференциального эффекта Джоуля-Томсона. Интегральный эффект Джоуля-Томсона.</p>	<p>ОПК-1 ПК-3</p>	<p>Знает</p>	<p>Отчет по решению зачетных задач, устный опрос по теории (УО-1)</p>	<p>Экзаменационные вопросы 36  Контрольная работа (ПР-2)</p>
			<p>Умеет</p>		
			<p>Владеет</p>		

## Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		Критерии	Показатели
<p>ОПК-1</p> <p>способностью использовать основные законы естественных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p>	<p>знает (пороговый уровень)</p>	<p>Основы молекулярно-кинетической теории вещества и идеального газа как простейшей модели вещества, статистический и динамический методы, принципы термодинамики, виды состояний термодинамических систем, фазовые состояния и фазовые переходы, соотношения Максвелла и функции Гиббса-Гельмгольца.</p>	<p>Знание основ молекулярно-кинетической теории вещества и идеального газа как простейшей модели вещества, статистический и динамический методы, принципы термодинамики, виды состояний термодинамических систем, фазовые состояния и фазовые переходы, соотношения Максвелла и функции Гиббса-Гельмгольца.</p>	<p>Способность сформулировать основные положения молекулярно-кинетической теории вещества и идеального газа как простейшей модели вещества, статистический и динамический методы, принципы термодинамики, виды состояний термодинамических систем, фазовые состояния и фазовые переходы, соотношения Максвелла и функции Гиббса-Гельмгольца.</p>

	<p>умеет (продвину тый)</p>	<p>Применять статистический и термодинамический методы к решению фундаментальных задач молекулярной физики: выводить основное уравнение МКТ, основное уравнение состояния идеального газа, распределение Максвелла, Больцмана, Максвелла-Больцмана, формулу Эйнштейна-Смолуховского, законы процессов переноса в газах и жидкостях; рассчитать работу идеальной тепловой машины, получить уравнения всех изопроцессов и политропных процессов, на основе теорем Клаузиуса формулировать второе начало термодинамики и закон возрастания энтропии, выводить формулу Больцмана, уравнение Ван-дер-Ваальса для реальных газов, эффект Джоуля-Томсона, уравнение Клапейрона-Клаузиуса.</p>	<p>умение на основе физических законов решать задачи; умение использовать методы и приемы проведения физического эксперимента и способы обработки экспериментальных данных; умение применять логические приемы мышления - анализ и синтез при решении задач; научно обосновывать принимаемые методы решения профессиональных задач</p>	<p>способность решить задачу, воспользовавшись основными физическими законами; способность провести физический эксперимент и осуществить обработку экспериментальных данных; научно обосновывать принимаемые методы решения профессиональных задач</p>
	<p>владеет (высокий)</p>	<p>Знаниями, умениями, навыками уровня молекулярной физики для решения физических задач как теоретических, так и экспериментальных.</p>	<p>владение навыками выбора оптимального пути решения задач и приемов проведения физического эксперимента и способов обработки экспериментальных данных с использованием вычислительных программ;</p>	<p>способность произвести выбор оптимального способа решения задач, способность использования вычислительных программ при обработке экспериментальных данных при проведении физического эксперимента;</p>

ПК-3 готовностью к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов	знает (пороговый уровень)	Основные методы и приемы проведения физического эксперимента, и элементарные способы обработки экспериментальных данных; устройство и принципы действия физических приборов и элементов; наиболее важные и фундаментальные достижения физической науки; связь физики с техникой, производством, другими науками	Умеет на основе знаний устройства и принципов действия физических приборов и элементов, знаний приемов проведения эксперимента провести эксперимент	Способен подготовиться к проведению учебного эксперимента и выполнить его с соблюдением методики
	умеет (продвинутый)	Формулировать цель практической работы, составлять отчет по проделанной работе, анализировать ход работы и делать соответствующие выводы.	Умеет формулировать цель практической работы, составлять отчет по проделанной работе	Способен анализировать ход экспериментальной работы и делать соответствующие выводы
	владеет (высокий)	Методикой и методологией проведения эксперимента с помощью методических указаний, лекций, учебников и ресурсов интернета.	Умеет пользоваться методическими указаниями, учебниками и ресурсами интернета при подготовке к проведению эксперимента	Способен провести эксперимент владея методикой и методологией проведения эксперимента

### **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

Промежуточная аттестация обучающихся по учебной дисциплине осуществляется в рамках завершения изучения данной дисциплины и позволяет определить качество и уровень ее освоения. Предметом оценки освоения являются умения и знания.

Промежуточная аттестация обучающихся осуществляется в форме экзамена и позволяет определить развитие общих компетенций, предусмотренных для ОПОП. Условием допуска к экзамену является успешное освоение обучающимися всех элементов дисциплины (выполнение и сдача всех коллоквиумов и контрольных работ).

Текущий контроль успеваемости осуществляется в ходе повседневной учебной работы по курсу дисциплины. Данный вид контроля стимулирует у

обучающихся стремление к систематической самостоятельной работе по изучению учебной дисциплины, овладению общими компетенциями.

## **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

### **Вопросы к экзаменационным билетам.**

1. Молекулярно-кинетическая теория вещества. Характеристики молекул и количества вещества и связи между ними.
2. Постоянные Авогадро и Лошмидта. Тепловое движение молекул. Потенциальная кривая межмолекулярного взаимодействия.
3. Агрегатные состояния вещества и их признаки. Статистический и термодинамический методы в молекулярной физике.
4. Эмпирические газовые законы, расширение твердых тел. Идеальный газ. Молекулярно-кинетическая теория идеального газа.
5. Давление идеального газа. Вывод основного уравнения молекулярно-кинетической теории идеального газа.
6. Температура и ее физический (статистический) смысл в молекулярно-кинетической теории. Теплообмен и термодинамическое равновесие, термометрическое свойство и термометрическая величина. Термодинамическая шкала температур.
7. Вывод уравнения состояния идеального газа на основе молекулярно-кинетической теории. Изопроцессы. Изотермический коэффициент сжимаемости, температурные коэффициенты объемного расширения и давления.
8. Скорости молекул газа. Измерение скоростей молекул газа (опыт Штерна, метод молекулярных пучков).
9. Элементы теории вероятности: случайные события и случайные величины, частота и вероятность, дискретное и непрерывное распределение вероятности, плотность вероятности, условие нормировки, теоремы сложения и умножения, средние значения случайных величин, флуктуации.
10. Распределение Максвелла. Вывод функции распределения молекул по проекциям скоростей. График функции распределения молекул по проекциям скоростей.
11. Распределение Максвелла. Вывод функции распределения молекул по абсолютным значениям скоростей. Геометрическое истолкование полученной функции.
12. Распределение Максвелла в приведенном виде. Характерные скорости молекул в распределении Максвелла: наивероятнейшая скорость, средняя и средняя квадратичная скорости, средняя скорость по проекции, среднее значение модуля проекции скорости, средняя относительная скорость. Связь между характерными скоростями.
13. Закон Паскаля и вывод барометрической формулы. Распределение Больцмана и закон Больцмана (вывод).

14. Распределение Максвелла по кинетическим энергиям. Связь между распределениями Максвелла и Больцмана. Распределение Максвелла-Больцмана. Распределение Больцмана для дискретного спектра значений энергии.
15. Броуновское движение. Расчет среднего квадрата смещения броуновской частицы (вывод формулы Смолуховского-Эйнштейна).
16. Элементы молекулярно-кинетической теории неравновесных процессов: равновесное и неравновесное состояния, процессы релаксации и процессы переноса.
17. Эффективный диаметр и эффективное сечение молекул газа. Вывод средней длины свободного пробега и распределение свободных пробегов частиц.
18. Потенциальная кривая межмолекулярного взаимодействия и зависимость эффективного диаметра и средней длины свободного пробега молекул от температуры и давления для газов и жидкостей.
19. Общая теория процессов переноса в газах. Диффузия и самодиффузия. Коэффициент диффузии и его зависимость от температуры и давления.
20. Общая теория процессов переноса в газах. Вязкость или внутреннее трение. Коэффициент вязкости и его зависимость от температуры и давления.
21. Общая теория процессов переноса в газах. Теплопроводность. Коэффициент теплопроводности и его зависимость от температуры и давления.
22. Нулевое начало термодинамики. Термодинамические процессы: равновесные или квазистатические, обратимые и необратимые, круговые или циклические.
23. Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия, работа и теплота. Принцип эквивалентности теплоты и работы.
24. Теплоемкость тела, удельная и молярная теплоемкости. Теплоемкость газа при постоянном объеме и постоянном давлении. Энтальпия. Число степеней свободы. Вывод уравнения Роберта-Майера.
25. Адиабатный процесс. Вывод уравнения Пуассона. Работа при адиабатном процессе.
26. Политропный процесс. Вывод уравнения политропы и его анализ.
27. Классическая теория теплоемкости газов и твердых тел. Закон Дюлонга-Пти. Недостатки классической теории теплоемкости.
28. Элементы квантовой теории теплоемкости твердых тел. Теория и формула Эйнштейна. Теория и закон Дебая. Температура Дебая и ее физический смысл.
29. Второе начало термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Формулировки второго начала термодинамики Клаузиуса, Кельвина и Планка. КПД тепловой и холодильной машины.
30. Идеальный обратимый (квазистатический) процесс. Цикл Карно. Вывод работы и КПД цикла Карно.

31. Теорема Клаузиуса о приведенной теплоте. Энтропия и ее термодинамический смысл в идеальном обратимом процессе.
32. Математическое описание квазистатических изопроцессов на основе второго начала термодинамики. T-S диаграммы.
33. Статистический смысл второго начала термодинамики. Вывод формулы Больцмана для энтропии. Закон возрастания энтропии Клаузиуса. Энтропия необратимых процессов.
34. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Расчет поправок на объем и давление реального газа. Физический смысл постоянных в уравнении Ван-дер-Ваальса.
35. Теоретические изотермы реального газа Ван-дер-Ваальса. Критическое состояние вещества и критические параметры состояния вещества. Опалесценция. Закон соответственных состояний.
36. Эффект Джоуля-Томсона. Внутренняя энергия реального газа. Термодинамика эффекта Джоуля-Томсона. Расчет дифференциального эффекта Джоуля-Томсона. Интегральный эффект Джоуля-Томсона.
37. Явление кривизны поверхности жидкости. Поверхностная энергия и поверхностное натяжение. Давление под изогнутой поверхностью.
38. Смачивание и несмачивание. Капиллярные явления. Формула Лапласа.
39. Фазовые равновесия и фазовые переходы. Зависимость температуры фазового перехода от давления. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Диаграммы фазовых состояний. Тройная точка.
40. Характеристические функции. Соотношения Максвелла. Уравнения Гиббса-Гельмгольца. Первое и второе TdS.

### Образец экзаменационного билета

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

**«Дальневосточный федеральный университет»**

Школа естественных наук

ООП 03.03.02-Физика

Дисциплина Молекулярная физика

Форма обучения очная

Семестр 2 2015 - 2016 учебного года

Реализующая кафедра Общей физики

### Экзаменационный билет № 1

1. Молекулярно-кинетическая теория вещества. Характеристики молекул и количества вещества и связи между ними.
2. Общая теория процессов переноса в газах. Теплопроводность. Коэффициент теплопроводности и его зависимость от температуры и давления.

Заведующий кафедрой

Короченцев В.В.

**Критерии выставления оценки на экзамене по дисциплине  
«Молекулярная физика»**

Баллы	Оценка экзамена	Требования к сформированным компетенциям
86-100	«отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил основное содержание дисциплины, владеет техникой вывода физических формул, обладает устойчивыми навыками решения физических задач, умеет применять естественнонаучные законы для решения профессиональных задач.
75-85	«хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, владеет культурой устной и письменной речи, имеет незначительные замечания по существу изложения материала или решению задач (неполный вывод формулы или замечания по решению задач).
61-74	«удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он обладает знаниями основного материала, но при этом не владеет техникой вывода физических формул, не обладает устойчивыми навыками решения физических задач.
Менее 61	«неудовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не освоил компетенцию (ОПК-1): не знает значительной части программного материала по физике, допускает существенные ошибки при решении задач, не обладает навыками применять естественнонаучные законы для решения профессиональных задач.

### Оценочные средства текущей аттестации

#### Тестирование №2

#### Тема «Распределения Максвелла и Больцмана. Общая теория процессов переноса»

*Указание: максимальное число баллов за каждый вариант тестов 55 баллов; число баллов на зачет  $\geq 30$ .*

#### Вариант 1

Теоретический вопрос:

Распределение Максвелла. Вывод функции распределения молекул по абсолютным значениям скоростей. График функции распределения молекул по абсолютным значениям скоростей и его анализ. (20 баллов)

Тестовые вопросы:

1. С помощью распределение Максвелла рассчитайте среднюю относительную скорость теплового движения молекул идеального газа и сравните ее со средней скоростью. (5 баллов)
2. Что в молекулярной физике называется столкновением молекул? Дайте определение эффективному диаметру и эффективному сечению молекул. (5 баллов)
3. На чем основан вывод общего уравнения процессов переноса? (5 баллов)
4. Какие процессы в молекулярной физике называются релаксационными? Время релаксации и его определение. (5 баллов)
5. Сформулируйте физический смысл закона Больцмана. (5 баллов)

### **Вариант 2**

Теоретический вопрос:

Барометрическая формула (вывод). Распределение Больцмана и закон Больцмана. Распределение Максвелла-Больцмана. (20 баллов)

Тестовые вопросы:

1. С помощью распределения Максвелла рассчитайте среднюю квадратичную скорость теплового движения молекул идеального газа. (5 баллов)
2. Что в молекулярной физике называют броуновским движением. Сформулируйте физический смысл формулы Смолуховского-Эйнштейна. (5 баллов)
3. Перечислите виды процессов переноса, запишите их уравнения и укажите причины их возникновения. (5 баллов)
4. Получите распределение свободных пробегов молекул. Что устанавливает это распределение? (5 баллов)
5. Чем различаются механизмы столкновений молекул идеального газа и реального газа? Определите понятие столкновения. (5 баллов)

### **Вариант 3**

Теоретический вопрос:

Броуновское движение. Расчет среднего квадрата смещения броуновской частицы (вывод формулы Смолуховского-Эйнштейна). (20 баллов)

Тестовые вопросы:

1. С помощью распределения Максвелла рассчитайте среднюю скорость теплового движения молекул идеального газа. (5 баллов)
2. Как зависит средняя длина свободного пробега молекулы от температуры для газов и жидкостей? Ответ обосновать. (5 баллов)
3. Какие явления носят общее название – «явления переноса»? Почему они имеют общее название? (5 баллов)
4. Запишите распределение Больцмана и определите его физический смысл. (5 баллов)

5. Нарисуйте график зависимости функции распределения молекул по абсолютным скоростям от скорости. Что является особенностью этого графика? Что считает функция распределения молекул по абсолютным скоростям? (5 баллов)

#### Вариант 4

Теоретический вопрос:

Эффективный диаметр и эффективное сечение молекул газа. Вывод средней длины свободного пробега молекул газа и распределения свободных пробегов молекул газа. (20 баллов)

Тестовые вопросы:

1. С помощью распределения Максвелла рассчитайте среднюю скорость по проекции теплового движения молекул идеального газа. (5 баллов)
2. Как экспериментально измеряются скорости теплового движения молекул газа? (Опыт Штерна или метод молекулярных пучков). (5 баллов)
3. Выведите барометрическую формулу и определите ее физический смысл. (5 баллов)
4. При каких условиях возникают процессы релаксации и процессы переноса в газах и жидкостях? (5 баллов)
5. Запишите распределение Больцмана для дискретного ряда значений энергии частиц и определите его физический смысл. (5 баллов)

#### Вариант 5

Теоретический вопрос:

Потенциальная кривая межмолекулярного взаимодействия и зависимость эффективного диаметра, эффективного сечения и средней длины свободного пробега молекул от температуры и давления для газов и жидкостей. (20)

Тестовые вопросы;

1. С помощью распределения Максвелла рассчитайте среднее значение модуля проекции скорости теплового движения молекул идеального газа. (5 баллов)
2. Дайте определения термодинамическому равновесному и неравновесному состояниям системы. (5 баллов)
3. Изобразите графически распределения Максвелла по абсолютным скоростям для двух температур  $T_1 \neq T_2$  и объясните полученный результат. (5 баллов)
4. Что называется броуновским движением? (5 баллов)
5. Чем отличаются механизмы переноса физической величины в газах и жидкостях? (5 баллов)

#### Вариант 6

Теоретический вопрос:

Термодинамическое неравновесное состояние системы: релаксационные процессы и явления переноса. Общая теория процессов переноса в газах. Вывод общего уравнения процесса переноса на основе молекулярно-кинетической теории. (20 баллов)

Тестовые вопросы:

1. С помощью распределения Максвелла рассчитайте наивероятнейшую скорость теплового движения молекул идеального газа. (5 баллов)
2. Что устанавливает распределение Максвелла-Больцмана? (5 баллов)
3. Как зависит эффективный диаметр и эффективное сечение молекул от температуры для газов и жидкостей? (5 баллов)
4. Изобразите графически распределение Максвелла по абсолютным скоростям, укажите характерные скорости и их соотношения. (5 баллов)
5. Запишите барометрическую формулу и определите ее физический смысл. (5 баллов)

**II. Максимальное количество баллов за решение индивидуальной задачи – 20. Зачтено ставится при количестве баллов  $\geq 10$ , не зачтено – при количестве баллов  $< 10$ .**

**III. Максимальное количество баллов за контрольную работу по теории – 20. Зачтено ставится при количестве баллов  $\geq 10$ , не зачтено – при количестве баллов  $< 10$ .**

**IV. Максимальное количество баллов за контрольную работу по решению задач (2 задачи) – 20. Зачтено ставится при количестве баллов  $\geq 15$ , не зачтено – при количестве баллов  $< 15$ .**

**V. Дополнительные вопросы и задачи для самостоятельной работы при подготовке к экзамену (ответ на каждый вопрос оценивается по пятибалльной шкале):**

- Выведите формулу связи между коэффициентом линейного  $\alpha$  и объемного  $\beta$  расширения однородного и изотропного тела.
- Выведите формулу для зависимости плотности  $\rho$  однородного и изотропного тела от его температуры.
- Выведите формулу для работы идеального газа в адиабатическом процессе.
- Выведите уравнение политропного процесса идеального газа.
- Выведите формулу для работы идеального газа в политропном процессе.
- Выведите формулу зависимости показателя адиабаты  $\gamma$  от числа атомов  $n$  в многоатомной молекуле в рамках классической теории теплоемкости.

- Объясните, почему молярная теплоемкость при постоянном объеме газа  $SO_2$  больше, чем у некоторых других многоатомных газов, таких как  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $CH_4$ ?
- Объясните, почему значение молярной теплоемкости  $c_v$  для двухатомных и многоатомных газов увеличивается с ростом их молекулярного веса?
- Вычислите и сравните кинетическую энергию поступательного и вращательного движения молекулы  $O_2$  при нормальных условиях (среднее расстояние между атомами  $l \approx 1 \cdot 10^{-10}$ , угловая скорость вращения  $\omega_z = 2,0 \cdot 10^{12} \text{ рад/с}$ ).
- Выведите формулу для коэффициента полезного действия цикла Отто.
- Докажите, что теплоемкости тел  $c_p(T)$  и  $c_v(T)$  стремятся к нулю при стремлении температуры к абсолютному нулю  $T \rightarrow 0$ .
- Выведите формулу для внутренней энергии тонкой мыльной пленки.
- Найти постоянные уравнения Ван-дер-Ваальса  $a_\mu$  и  $b_\mu$  для азота, если  $T_{кр} = 149,9^\circ \text{C}$ ,  $P_{кр} = 33,55$ .
- Принимая постоянной  $a_\mu$  Ван-дер-Ваальса для воды равной  $5,45 \cdot 10^6 \text{ атмсм}^6 / \text{моль}^2$ , найдите внутреннее давление воды.
- Выведите формулу для постоянных  $A$  и  $a$  линейной функции плотности вероятности  $\varphi(v_x)$ .
- Выведите формулу для наиболее вероятной  $v_{вер}$ , средней арифметической  $\langle v \rangle$  и средней квадратичной скорости  $\sqrt{\langle v^2 \rangle}$  распределения Максвелла по абсолютному значению скорости молекул.

*Методические указания:*

**Характеристические скорости теплового движения молекул  
идеального газа**

Интегралами Пуассона называются интегралы вида

$$\int_0^{\infty} e^{-\alpha x^2} x^{2n+1} dx$$

и

$$\int_0^{\infty} e^{-\alpha x^2} x^{2n} dx$$

Для вычисления обоих типов интегралов необходимо знать табличные значения для следующих двух интегралов:

$$I_1 = \int_0^{\infty} e^{-\alpha x^2} x dx = \frac{1}{2\alpha} \int_0^{\infty} e^{-t} dt = \frac{1}{2\alpha}$$

$$I_0 = \int_0^{\infty} e^{-\alpha x^2} dx = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi}{\alpha}}.$$

Для любого  $n=1,2,3\dots$  интегралы Пуассона имеют вид

$$I_{2n+1} = \int_0^{\infty} e^{-\alpha x^2} x^{2n+1} dx = \frac{n!}{2\alpha^{n+1}}$$

$$I_{2n} = \int_0^{\infty} e^{-\alpha x^2} x^{2n} dx = \frac{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot \dots \cdot (2n-1)}{2^{n+1}} \sqrt{\frac{\pi}{\alpha^{2n+1}}}.$$

Распределение молекул идеального газа по абсолютным значениям скоростей при данных  $m_0$ -массе молекулы и  $T$ -температуре газа

$$f(v) = 4\pi \left( \frac{m_0}{2\pi kT} \right)^{\frac{3}{2}} v^2 e^{-\frac{m_0 v^2}{2kT}}.$$

Распределение молекул идеального газа по значениям проекций скоростей

$$f(v_i) = \left( \frac{m_0}{2\pi kT} \right)^{\frac{1}{2}} e^{-\frac{m_0 v_i^2}{2kT}}, \text{ где } i=x,y,z.$$

1. Определение среднего значения абсолютной скорости теплового движения молекул

$$\langle v \rangle = 4\pi \left( \frac{m_0}{2\pi kT} \right)^{\frac{3}{2}} \int_0^{\infty} e^{-\frac{m_0 v^2}{2kT}} v^3 dv = \frac{4\pi}{\pi^{\frac{3}{2}}} \left( \frac{m_0}{2kT} \right)^{\frac{3}{2}} \frac{1}{2\alpha^2} = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left( \frac{m_0}{2kT} \right)^{\frac{3}{2}} \frac{1}{2} \frac{m_0}{2kT}^{-2} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}}$$

2. Определение средней квадратичной скорости теплового движения молекул

$$\langle v^2 \rangle = 4\pi \left( \frac{m_0}{2\pi kT} \right)^{\frac{3}{2}} \int_0^{\infty} e^{-\frac{m_0 v^2}{2kT}} v^4 dv = \frac{4\pi}{\sqrt{\pi}} \left( \frac{m_0}{2kT} \right)^{\frac{3}{2}} \frac{3\sqrt{\pi}}{2^3 \alpha^{\frac{5}{2}}} = \frac{m_0}{2kT} \left( \frac{3}{2} \right) \frac{m_0}{2kT}^{-\frac{5}{2}} = \frac{3kT}{m_0},$$

очевидно, что  $\sqrt{\langle v^2 \rangle} = \sqrt{\frac{2kT}{m_0}}$

3. Определение среднего значения проекции скорости теплового движения

$$\begin{aligned} \langle v_i \rangle &= \left( \frac{m_0}{2\pi kT} \right)^{\frac{1}{2}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{m_0 v_i^2}{2kT}} v_i dv_i = \left( \frac{m_0}{2\pi kT} \right)^{\frac{1}{2}} \left\{ \int_0^{\infty} e^{-\frac{m_0 v_i^2}{2kT}} v_i dv_i + \int_0^{\infty} e^{-\frac{m_0 v_i^2}{2kT}} v_i dv_i \right\} = \\ &= \left( \frac{m_0}{2\pi kT} \right)^{\frac{1}{2}} \left\{ -\frac{1}{2\alpha} + \frac{1}{2\alpha} \right\} = 0. \end{aligned}$$

4. Определение среднего модуля проекции скорости теплового движения

$$\langle |v_i| \rangle = \left( \frac{m_0}{2\pi kT} \right)^{\frac{1}{2}} 2 \int_0^{\infty} e^{-\frac{m_0 v_i^2}{2kT}} v_i dv_i \left( \left| \frac{m_0}{2\pi kT} \right|^{\frac{1}{2}} 2 \frac{1}{2\alpha} = \left( \frac{1}{\sqrt{\pi}} \right) \left( \frac{m_0}{2kT} \right)^{\frac{1}{2}} \right)^{-1} \frac{m_0}{2kT} = \sqrt{\frac{2kT}{\pi m_0}},$$

очевидно, что  $\langle v \rangle = 2 \langle |v_i| \rangle$ .

5. Определение среднего квадрата проекции скорости теплового движения молекул

$$\langle v_i^2 \rangle = \left( \frac{m_0}{2\pi kT} \right)^{\frac{1}{2}} 2 \int_0^{\infty} e^{-\frac{m_0 v_i^2}{2kT}} v_i^2 dv_i \left( \left| \frac{m_0}{2\pi kT} \right|^{\frac{1}{2}} 2 \frac{\sqrt{\pi}}{2^2 \alpha^{\frac{3}{2}}} \left( \frac{1}{2} \right) \left( \frac{m_0}{2kT} \right)^{\frac{1}{2}} \right)^{-1} \frac{m_0}{2kT} = \frac{kT}{m_0}$$

очевидно, что  $\langle v^2 \rangle = 3 \langle v_i^2 \rangle$ .

6. Определение средней относительной скорости теплового движения молекул. Движение двух одноатомных молекул с массами  $m_1$  и  $m_2$  эквивалентно движению одной молекулы с приведенной массой

$$m = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}. \text{ Если } m_1 = m_2 = m_0, \text{ то приведенная масса равна } m = \frac{m_0}{2}.$$

Тогда функция распределения молекул идеального газа по относительным скоростям имеет вид

$$f(v_{отн}) = 4\pi \left( \frac{m_0}{4\pi kT} \right)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{m_0 v_{отн}^2}{4kT}} v_{отн}^2, \text{ и, соответственно,}$$

$$\langle v_{отн} \rangle = 4\pi \left( \frac{m_0}{4\pi kT} \right)^{\frac{3}{2}} \int_0^{\infty} e^{-\frac{m_0 v_{отн}^2}{4kT}} v_{отн}^3 dv_{отн} = \sqrt{2} \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}} = \sqrt{2} \langle v \rangle$$

- Чем обуславливается существование максимума на кривой распределения Максвелла  $F(v)$  ?
- Какими особенностями распределения Максвелла  $F(v)$  обуславливается тот факт, что средняя арифметическая скорость  $\langle v \rangle$  молекул больше, чем наивероятнейшая, но меньше, чем средняя квадратичная?
- В закрытом сосуде объема  $V_0$  в отсутствие силовых полей находится  $N_0$  молекул идеального газа. Определите среднее число молекул  $\langle N \rangle$ , находящихся в ячейке объема  $V$ , являющейся малой частью объема  $V_0$ .
- Вычислите постоянную  $n_0$  распределения Больцмана газа, находящемся в теплоизолированном сосуде высоты  $H$ , который подвешен в вертикальном положении в однородном поле тяжести. Температура газа в сосуде везде одинакова и равна  $T$ .
- Утверждают следующее: поскольку молекулы воздуха в земной атмосфере движутся вверх с уменьшающимися скоростями, а движущиеся вниз увеличивают свои скорости под действием силы тяжести, тогда средние скорости молекул наверху, а с ними и

температура воздуха должны быть меньше, чем внизу! Объясните, почему этот парадоксальный вывод противоречит термодинамике.

- Теплоизолированный сосуд с идеальным газом подвешен на нити в поле тяжести. Из-за действия силы тяжести плотность газа у дна сосуда больше, чем наверху. Нить пережигают, и сосуд свободно падает. Считая, что во время падения газ успевает прийти в состояние равновесия, определите, как изменится температура газа при падении (увеличится, уменьшится или останется прежней)
- Найти выражение для полного числа столкновений молекул газа в единичном объеме в единицу времени.

## **VI. Вопросы к лабораторным работам**

### **Молекулярная физика и термодинамика**

#### **2.1 Изучение температурной зависимости вязкости при помощи вискозиметра с падающим шариком**

1. Явление вязкости. Причина возникновения вязкости в жидкости? Механизм вязкости в жидкости. Чем отличается механизм вязкости в жидкости от механизма вязкости в газах?
2. Вывод общего уравнения переноса. Закон Ньютона для жидкости (газа) (вывод). Физический смысл коэффициента вязкости.
3. Формула Френкеля (вывод). Как коэффициент вязкости зависит от температуры? Сравните полученный результат с температурной зависимостью вязкостью газа.
4. Закон Стокса (вывод). Как направлена сила Стокса? Границы применимости закона Стокса.
5. Энергия активизации. Зависимость коэффициента вязкости от энергии активации. Что произойдет с вязкостью жидкости при уменьшении или при увеличении энергии активации?
6. Понятие потенциальной ямы и потенциального барьера для молекул жидкости. Условие преодоления молекулой потенциального барьера и выхода ее из потенциальной ямы.
7. Чем реальная жидкость отличается от идеальной жидкости? При движении в какой жидкости – реальной или идеальной – между слоями возникает сила внутреннего трения?
8. Перечислите основные отличительные свойства жидкости от газа и твердого тела. Чем тепловое движение молекул жидкости отличается от движения молекул газа и твердого тела?
9. Чему равна длина скачка молекулы жидкости? Что называют «временем оседлой жизни» молекулы жидкости? Изобразите траекторию движения молекулы газа, молекулы жидкости и молекулы твердого тела.

#### **2.2. Экспериментальная проверка закона Бойля-Мариотта с применением установки Собрѳ**

1. Сформулируйте основные положения молекулярно-кинетической теории идеального газа. При каких условиях реальный газ можно считать идеальным?
2. Модель строения атома по Резерфорду. Чем молекула отличается от атома?
3. Выведите основное уравнение МКТ идеального газа. Сформулируйте физический смысл давления идеального газа и температуры.
4. На основе МКТ выведите уравнение состояния идеального газа или уравнение Менделеева-Клапейрона. Исходя из уравнения состояния, определите виды термодинамических систем: теплоизолированной, закрытой и открытой.
5. Из уравнения состояния идеального газа выведите законы изопроцессов. Изобразите графики изопроцессов и проведите их полный анализ.
6. Сформулируйте физический смысл следующих понятий МКТ: относительная атомная (молекулярная) масса вещества, количество вещества, моль вещества, молярная масса, универсальная газовая постоянная. Как связаны между собой плотность вещества, концентрация и масса молекулы? Единицы измерения указанных величин.
7. Вывод рабочей формулы.

### **2.3. Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости методом отрыва кольца с применением установки Собр3**

1. Определите понятия: радиус молекулярного действия и сфера молекулярного действия. Ответ поясните соответствующим рисунком.
2. Что называют в термодинамике свободной поверхностью? Чем отличается состояние молекулы в поверхностном слое от состояния молекулы в объеме жидкости? Опишите характер взаимодействия молекул в жидкости.
3. Опишите механизм возникновения поверхностного натяжения и сил поверхностного натяжения. К чему приложены силы поверхностного натяжения и как они направлены?
4. Как и почему силы поверхностного натяжения стремятся изменить площадь поверхностного слоя? Какую форму примет капля жидкости в отсутствии других сил (в невесомости) и почему?
5. Сформулируйте физический смысл коэффициента поверхностного натяжения. Дайте его энергетическую и силовую трактовку. Укажите единицы измерения коэффициента поверхностного натяжения.
6. Опишите температурную зависимость коэффициента поверхностного натяжения. При какой температуре его значение равно нулю?
7. Определите физический (термодинамический) смысл понятия свободной поверхностной энергии.
8. Определите с помощью рисунка понятие краевого угла. Каковы его значения в случае полного смачивания и полного несмачивания?

9. Опишите механизм возникновения явления смачивания и несмачивания. Может ли смачивание или несмачивание происходить для двух жидкостей?
10. Запишите условие равновесия капли жидкости, лежащей на твердой поверхности. Выведите формулы для краевых углов в случае смачивания и несмачивания жидкостью данного твердого тела.
11. Выведите формулу Лапласа для расчета дополнительного давления под искривленной поверхностью жидкости. Определите входящие в формулу физические величины. Капиллярные явления.
12. Как направлена сила поверхностного натяжения в момент отрыва кольца? Ответ поясните рисунком.
13. Объясните суть метода измерения коэффициента поверхностного натяжения, используемого в данной работе.
14. Можно ли определить коэффициент поверхностного натяжения методом отрыва кольца, если жидкость не смачивает кольцо? Ответ пояснить.
15. Вывод рабочей формулы для вычисления коэффициента поверхностного натяжения.

### **2.3. Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости методом отрыва кольца с применением установки Собр03**

1. Определите понятия радиуса молекулярного действия и сферы молекулярного действия. Ответ поясните соответствующим рисунком.
2. Что называется свободной поверхностью? Чем отличается состояние молекулы в поверхностном слое от состояния молекулы в объеме жидкости? Опишите характер взаимодействия молекул в жидкости.
3. Опишите механизм возникновения поверхностного натяжения и сил поверхностного натяжения. К чему приложены силы поверхностного натяжения и как они направлены?
4. Как и почему стремятся изменить площадь поверхностного слоя силы поверхностного натяжения? Какую форму примет капля жидкости в отсутствии других сил (в невесомости) и почему?
5. Сформулируйте физический смысл коэффициента поверхностного натяжения. Дайте его энергетическую и силовую трактовку. Укажите единицы измерения коэффициента поверхностного натяжения.
6. Опишите температурную зависимость коэффициента поверхностного натяжения. При какой температуре его значение равно нулю?
7. Определите физический (термодинамический) смысл понятия свободной поверхностной энергии.
8. Определите с помощью рисунка понятие краевого угла. Каковы его значения в случае полного смачивания и полного несмачивания?
9. Опишите механизм возникновения явления смачивания и несмачивания. Может ли смачивание или несмачивание происходить для двух жидкостей?

10. Запишите условие равновесия капли жидкости, лежащей на твердой поверхности. Выведите формулы для краевых углов в случае смачивания и несмачивания жидкостью данного твердого тела.
11. Выведите формулу Лапласа для расчета дополнительного давления под искривленной поверхностью жидкости. Определите входящие в формулу физические величины. Опишите капиллярные явления.
12. Как направлена сила поверхностного натяжения в момент отрыва кольца? Ответ поясните рисунком.
13. Объясните суть метода измерения коэффициента поверхностного натяжения, используемого в данной работе.
14. Можно ли определить коэффициент поверхностного натяжения методом отрыва кольца, если жидкость не смачивает кольцо? Ответ пояснить.
15. Вывод рабочей формулы для вычисления коэффициента поверхностного натяжения.

#### **2.4. Определение теплоемкости металлов**

1. Теплоемкость тела. Удельная теплоемкость и молярная теплоемкость, связь между ними.
2. Основные положения классической теории теплоемкости газов. Число степеней свободы и соответствующие им коэффициенты Пуассона. Границы применимости классической теории теплоемкости газов. Температурная зависимость теплоемкости водорода и ее объяснение.
3. Основные положения классической теории теплоемкости твердых тел. Вывод закона Дюлонга-Пти. Недостатки классической теории теплоемкости твердых тел.
4. Элементы первой квантовой теории теплоемкости твердых тел. Вывод формулы Эйнштейна и ее анализ. Какую область температурной зависимости теплоемкости твердых тел описывает формула Эйнштейна? Недостатки теории теплоемкости Эйнштейна.
5. Основные положения квантовой теории теплоемкости твердых тел Дебая. Вывод закона Дебая, анализ полученного результата.
6. Недостатки квантовой теории теплоемкости твердых тел Дебая. Путь усовершенствования квантовой теории теплоемкости твердых тел: фононы и фононный газ.
7. Определение характеристической температуры Дебая. Какую роль температура Дебая играет в температурной зависимости теплоемкости твердых тел?
8. Опишите суть метода определения удельной теплоемкости металлов в данной работе.
9. Вывод рабочей формулы для определения удельной теплоемкости металлов.

#### **2.5. Распределение молекул газа по скоростям (распределение Максвелла)**

1. Классическая теория идеального газа и основные положения в ней о характере распределения молекул по скоростям Максвелла. При каких условиях распределение молекул газа по скоростям описывается распределением Максвелла? Почему распределение Максвелла называют равновесным распределением?
2. Запишите функции распределения молекул по проекциям скоростей и сформулируйте физический смысл данных функций.
3. Нарисуйте и проанализируйте график распределения молекул по одной из проекций скорости.
4. Выведите распределение молекул по скоростям. Постройте и проанализируйте график полученной функции:
  - Физический смысл площади, ограниченной кривой графика распределения молекул по скоростям и осью абсцисс;
  - Определение наивероятнейшей скорости теплового движения молекул (вывод);
  - Определение средней и средней квадратичной скорости теплового движения молекул (вывод);
  - Соотношение между характеристическими скоростями распределения Максвелла;
  - Влияние температуры термодинамической системы на вид распределения Максвелла (постройте график для двух различных температур);
  - Влияние массы молекул идеального газа на вид распределения Максвелла (постройте график для двух молекул различной массы).
5. Во сколько раз и как изменится средняя скорость движения молекул при переходе от кислорода к водороду?
6. В чем суть метода моделирования распределения молекул по скоростям в данной работе?
7. Почему во время эксперимента необходимо поддерживать постоянную плотность частиц в камере моделирования распределения молекул по скоростям?
8. Как в эксперименте рассчитывается скорость шарика, попадающего в один из приемных отсеков?
9. Гистограмма распределения вероятностей случайной величины и ее характеристики.
10. Опишите схему Отто Штерна по экспериментальной проверке закона Максвелла по распределению молекул по скоростям для молекулярных и атомных пучков и возможности проведения расчета в этом эксперименте.

## **2.6. Моделирование распределение концентрации молекул газа в гравитационном поле Земли (барометрическая высота)**

1. Вывод распределения давления газа в поле тяжести. Барометрическая формула и условия ее получения.

2. Отличие зависимости давления жидкости от высоты столба жидкости (при переходе от дна к верхним ее слоям) от зависимости давления атмосферы от высоты (при переходе от поверхности Земли к верхним ее слоям)? Причина данного отличия.
3. Почему механическая модель Р.Поля с шариками в данной лабораторной работе позволяет очень наглядно объяснять смысл «барометрической» формулы?
4. При каких условиях возможен переход от барометрической формулы к распределению концентрации молекул атмосферы по высоте? Приведите график зависимости концентрации молекул атмосферы по высоте.
5. Сформулируйте физический смысл показателя экспоненты в распределении концентрации молекул атмосферы по высоте и осуществите переход к закону (или теореме) Больцмана.
6. Закон или теорема Больцмана дает значительное обобщение для всех термически равновесных процессов. В чем физический смысл этого обобщения?
7. Ввиду исключительной важности закона Больцмана приведите еще один общий наглядный вывод этого уравнения.
8. Опишите опыт Ж.Перена и возможности вычисления числа Авогадро и постоянной Больцмана из этого опыта.
9. Вывод рабочей формулы.

### **2.12. Снятие кривой плавления и кристаллизации гипосульфита**

1. Дайте определение понятию вещества, формулируемое в молекулярно-кинетической теории вещества. Агрегатные состояния, виды агрегатных состояний, основной критерий различия агрегатных состояний. Основное свойство агрегатных состояний.
2. Твердые тела и формы его состояния. Общие макроскопические свойства кристаллов: ближний и дальний порядок. Фаза, фазовое состояние. Структура твердого тела и связь его физических свойств со структурой.
3. Условия установления ближнего и дальнего порядка. Термодинамический принцип минимума свободной энергии системы в установлении устойчивого состояния системы и определения ее конфигурации.
4. Фазовые переходы I и II рода. Опишите фазовые переходы I рода.
5. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса и его физический смысл. Фазовая диаграмма перехода «твердое тело-жидкость» и ее объяснение.
6. Плавление и кристаллизация. Возникновение переохлажденного состояния и причины существования такого состояния. Условия кристаллизации из переохлажденного состояния.
7. Нарисуйте диаграмму плавления и кристаллизации твердого тела и опишите все физические процессы, отображенные на этой диаграмме.

### **2.10. Определение коэффициента вязкости и средней длины свободного пробега молекул воздуха**

1. Число столкновений и средняя длина свободного пробега (вывод).
2. Эффективный диаметр молекул и эффективное сечение межмолекулярного взаимодействия. Как средняя длина свободного пробега связана с эффективным сечением молекулы?
3. Межмолекулярное взаимодействие и его природа. Покажите графически зависимость силы межмолекулярного взаимодействия от расстояния между двумя атомами.
4. Зависимость длины свободного пробега от давления и температуры. Формула Сезерленда. Покажите на потенциальной кривой зависимость длины свободного пробега от температуры для газов и жидкостей. Объясните различие зависимости  $\lambda(T)$  для газов и жидкостей.
5. Вывод общего уравнения переноса. Опишите механизм вязкости газов. Используя общее уравнение переноса, получите коэффициент вязкости для газов. Сформулируйте физический смысл коэффициента вязкости для газов.
6. Как коэффициент динамической вязкости связан с коэффициентом кинематической вязкости? Зависимость коэффициента вязкости от давления и от температуры. Единицы измерения коэффициента вязкости.
7. Какое движение жидкости (газа) называется ламинарным? Какими параметрами определяется число Рейнольдса и чему оно равно для ламинарного течения газа? Единицы измерения числа Рейнольдса.
8. Стационарное и нестационарное движение жидкости или газа. Вывод формулы Пуазейля для стационарного движения жидкости или газа.
9. Объясните принцип опытного определения коэффициента вязкости воздуха на основе капиллярного метода Пуазейля. Каким образом создается разность давлений на концах капилляра? Какими средствами измеряется величина потока воздуха через капилляр?
10. Вывод рабочей формулы.

### 2.15. Измерение энтропии при плавлении олова

1. Обратимые и необратимые процессы. Второе начало термодинамики в формулировках Клаузиуса и Кельвина-Планка.
2. Определите понятие термодинамическая система. Какая термодинамическая система является изолированной, закрытой, открытой? Дайте определение равновесного состояния термодинамической системы.
3. Определите понятие приведенной теплоты. Теоремы Клаузиуса и энтропия. Свободная энергия или энергия Гельмгольца. Термодинамический смысл энтропии (вывод). Определите понятие связанная энергия.
4. Что означает: энтропия является функцией состояния? Перечислите известные вам функции состояния и определите их физический смысл.
5. Запишите обобщенное уравнение термодинамики (или  $TdS$  – уравнение), пояснив все входящие в него величины. Что происходит с энтропией в закрытой системе при обратимых и необратимых процессах?
6. Математическая формулировка второго начала термодинамики – неравенство Клаузиуса. Закон возрастания энтропии.

7. Статистический смысл энтропии. Формула Больцмана (вывод). Статистический вес и термодинамическая вероятность.
8. Что означает: энтропия является мерой рассеяния или обесценивания энергии? Единицы измерения энтропии.
9. Механизм процессов плавления и кристаллизации в твердых телах. Фазовый переход первого рода.
10. Удельная теплота плавления и кристаллизации. От каких физических характеристик зависит удельная теплота плавления и кристаллизации? Единицы измерения.
11. Объясните, как и почему изменяется энтропия при плавлении и кристаллизации твердых тел. Нарисуйте кривую плавления и кристаллизации твердого тела. Назовите условия кристаллизации твердых тел.
12. Вывод рабочей формулы.

### **2.17. Определение отношения теплоемкостей при постоянном давлении и постоянном объеме методом Клемана и Дезорма**

1. Теплоемкость тела. Удельная теплоемкость и молярная теплоемкость, связь между ними.
2. Термодинамическая система. Термодинамическая работа, теплота. Внутренняя энергия термодинамической системы. Внутренняя энергия идеального газа (вывод). Зависимость внутренней энергии идеального газа от числа степеней свободы и от температуры. Единицы измерения указанных величин.
3. Принцип механического эквивалента теплоты Джоуля и Роберта Майера. Первое начало термодинамики (вывод).
4. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам. Теплоемкость при постоянном объеме и ее зависимость от числа степеней свободы. Энтальпия. Теплоемкость при постоянном давлении и ее зависимость от числа степеней свободы.
5. Связь между теплоемкостями при постоянном давлении и объеме. Уравнение Роберта Майера (вывод).
6. Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул идеального газа. Число степеней свободы. Равномерное распределение кинетической энергии теплового движения молекул по степеням свободы (эргодическая гипотеза Больцмана).
7. Классическая теория теплоемкости газов.
8. Адиабатный процесс. Уравнение Пуассона для адиабатного процесса (вывод). Работа идеального газа в адиабатном процессе. Физический смысл коэффициента Пуассона. Связь коэффициента Пуассона с число степеней свободы.
9. Вывод рабочей формулы.

### **2.18. Определение коэффициента внутреннего трения жидкости по методу Стокса**

1. С помощью модели объясните возникновение силы сопротивления при движении тел в жидкостях и газах. Выведите формулу Стокса. Как направлена сила Стокса? Укажите границы применимости закона Стокса.
2. Каков характер теплового движения молекул в жидкости? Каково соотношение между кинетической и потенциальной энергией для молекул жидкости?
3. Изобразите кривую зависимости потенциальной энергии двух взаимодействующих молекул от расстояния между ними. Покажите на потенциальной кривой область существования вещества в жидком состоянии.
4. Механизм возникновения вязкости в жидкостях. Запишите закон Ньютона для вязкости жидкости. Физический смысл коэффициента вязкости жидкости.
5. При каких условиях между слоями жидкости возникает сила вязкости? От каких параметров движения слоев жидкости зависит величина силы внутреннего трения?
6. Как коэффициент вязкости жидкости зависит от температуры? Запишите формулу Френкеля и поясните все величины, входящие в формулу Френкеля. Что называется энергией активации?
7. Запишите уравнение динамики шарика, движущегося равномерно в жидкости, используя рисунок. Определите все действующие на шарик силы. Сформулируйте закон Архимеда.
8. В вязкой жидкости с одной и той же высоты без начальной скорости начинают падать два шарика одинакового размера. Какой шарик упадет на дно быстрее, если шарики имеют разную массу? На какой из шариков будет действовать большая сила вязкого трения?
9. Вывод рабочей формулы.

### **2.19. Определение коэффициента теплопроводности твердых тел**

1. Что такое теплота? Единицы измерения теплоты. Что такое теплообмен? Перечислите способы теплообмена. Поясните известные способы передачи теплоты.
2. Почему атомы в твердом теле можно представить в виде связанной системы? Какие колебания называются связанными? Поясните на примере двух связанных математических маятников, что такое нормальные колебания или мода колебаний.
3. Поясните механизмы теплопроводности в газах, жидкостях и твердых телах. Какими характеристиками вещества определяется коэффициент теплопроводности для каждого агрегатного состояния.
4. Какие агрегатные состояния вещества вы знаете? Какое соотношение между средними значениями кинетической и потенциальной энергии выполняется для каждого агрегатного состояния.
5. Фононный механизм теплопроводности в твердых телах. Что такое фонон? Чему равна энергия фонона? Чем фонон отличается от фотона?
6. В каких твердых телах присутствует решеточный механизм передачи тепла? В каких – электронный?

7. Выведите общее уравнение процесса переноса. Из уравнения процесса переноса выведите уравнение теплопроводности или закон Фурье. Что означает знак «минус» в законе Фурье?
8. Что понимается под изотермической поверхностью, температурным градиентом и тепловым потоком в законе Фурье?
9. Сформулируйте физический смысл коэффициента теплопроводности. Как коэффициент теплопроводности зависит от давления и от температуры? Установите связь между коэффициентами диффузии, вязкости и теплопроводности.
10. От каких параметров зависит коэффициент теплопроводности для твердого диэлектрика. Зависимость коэффициента теплопроводности от физических характеристик материалов.
11. Суть калориметрического метода и вывод рабочей формулы.

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины «Спектрометрия проб внешней среды»**

Курс предназначен для студентов очной формы обучения, по направлению подготовки 14.03.02 «Ядерная физика и технологии», профиль «Физика атомного ядра и частиц»

Курс «Спектрометрия проб внешней среды» относится к базовой части Б1.В.ДВ.1.2 первого блока, дисциплины по выбору. Трудоемкость дисциплины – 4 зачетных единиц, 144 академических часов. Предусматриваются лекционные и лабораторные занятия с использованием методов активного обучения.

### **Цель освоения дисциплины:**

Целью освоения учебной дисциплины является:

- изучение детекторов для регистрации ядерных излучений,
- изучение методов измерения основных ядерно-физических параметров источников ионизирующих излучений.

### **Место дисциплины в структуре ООП:**

Дисциплина относится к вариативной части профессионального модуля. Для успешного освоения учебного курса необходимо знание разделов дисциплин: курс общей физики, курс экспериментальной ядерной физики, курс основ теории вероятности и математической статистики.

### **Знания, умения, навыки, получаемые в результате освоения дисциплины:**

Освоение дисциплины обеспечивает формирование следующих компетенций:

ПК-3 готовностью к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов

ПК-4 - способность использовать технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций

### **Краткое содержание дисциплины:**

Виды детекторов.

Спектроскопия гамма-излучения.

Спектроскопия заряженных частиц, нейтронов.

### **Виды учебной работы:**

Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа

## Форма промежуточной аттестации:

Экзамен

## Трудоёмкость освоения дисциплины:

4 зачётных единицы (144 часа) - академический бакалавриат;

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общекультурные и профессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-3 готовностью к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов	Знает	терминологию, которая применяется в спектрометрии и радиометрии; технические средства для измерения основных параметров объектов исследования; практические приложения технических средств спектрометрии и радиометрии основные правила применения средств защиты.
	Умеет	решать задачи прикладного и теоретического характера; пользоваться таблицами, методичками, каталогами;
ПК-4 - способность использовать технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров.	Владеет	основными математическими методами обработки результатов эксперимента, используемыми спектрометрии и радиометрии ядерных излучений . навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой.

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины « Спектрометрия и радиометрия ядерных излучений » применяются следующие методы активного и интерактивного обучения:

- проблемная лекция;
- подготовка лекций с презентациями;
- дискуссия.

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины «Уравнения математической физики»**

Дисциплина «Уравнения математической физики» разработана для студентов 2 курса направления подготовки 14.03.02 «Ядерная физика и технологии», профиль «Физика атомного ядра и частиц» в соответствии с требованиями ОС ВО ДВФУ по данному направлению.

Дисциплина «Уравнения математической физики» относится к разделу Б1.В.ОД.1.1 обязательных дисциплин вариативной части учебного плана.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часа. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (36 час.) и практические занятия (54 час.), самостоятельная работа (90 час., из них 27 час. отведены на экзамен). Дисциплина реализуется в 4 семестре 2 курса.

Изучение данной дисциплины базируется на следующих дисциплинах: «Математический анализ», «Линейная алгебра», «Векторный и тензорный анализ», «Аналитическая геометрия», «Дифференциальные и интегральные уравнения»

**Цель** изучения дисциплины – научить студентов построению математических моделей физических явлений и решению получающихся при этом математических задач

### **Задачи:**

1. Изучить методы решения различных типов дифференциальных уравнений с частными производными и приобрести практические навыки их решения
2. научиться использовать специальные функции при решении задач математической физики
3. научиться интерпретировать полученные решения.
4. приобретение навыков построения математических моделей при решении ряда физических задач;

Для успешного изучения дисциплины «Уравнения математической физики» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции: ОК-1 - владением культурой мышления, способен к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общекультурные/ общепрофессиональные компетенции

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1. Способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Знает	методы решения различных типов дифференциальных уравнений
	Умеет	использовать специальные математические функции при решении физических задач;
	Владеет	практическими знаниями применения математических функций для решения задач или уравнений, практическими навыками решения дифференциальных уравнений с частными производными
ПК-5. Готовность к составлению отчета по выполненному заданию, к участию во внедрении результатов исследований и разработок	Знает	Знает требования к оформлению контрольных заданий по практическим заданиям
	умеет	Умеет оформлять контрольные задания
	владеет	Владеет техникой оформления контрольных заданий

## Аннотация к рабочей программе дисциплины «Квантовая механика»

Рабочая программа учебной дисциплины «Квантовая механика» разработана для студентов 3 курса бакалавриата по направлению подготовки 14.03.02 в соответствии с ОС ВО. ДВФУ.

Дисциплина «Квантовая механика» относится к разделу Б1.В.ОД.1.4.вариативной части профессионального цикла дисциплин. Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 зачетных единицы, 180 часов. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (54 часа), практические занятия (54 час), самостоятельная работа и контроль (72 часа). Дисциплина реализуется на 3 курсе в 5 семестре и завершается экзаменом. Изучение квантовой механики базируется на следующих дисциплинах: «Математический анализ», «Атомная физика», «Методы математической физики».

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при изучении специальных дисциплин.

### Цель.

Цель изучения дисциплины – приобретение систематизированных знаний по основам квантовой механики.

### Задачи:

1. изучение основных принципов квантовой механики;
2. освоение математического аппарата квантовой механики;
3. изучение основных понятий и уравнений квантовой механики;
4. приобретение навыков решения задач по дисциплине.

Для полноценного освоения содержания дисциплины студенты должны обладать предварительными компетенциями: способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3)

В результате изучения данной дисциплины у студентов формируются следующие общекультурные/ общепрофессиональные/ профессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1 Способность использовать основные законы естественнонаучных	Знает	Теоретические основания квантовой теории, основные физические системы и законы, описываемые квантовой теорией.
	Умеет	Решать типовые задачи квантовой теории, уметь использовать методы квантовой

дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и		механики в процессе исследований
	Владеет	Точными и приближенными методами квантовой теории, методами математического анализа, теоретического моделирования.
ПК-5 Готовность к составлению отчета по выполненному заданию, к участию во внедрении результатов исследований и разработок	Знает	Научные направления, в которых необходимо использовать знания квантовой механики.
	Умеет	Применять эти знания в конкретных ситуациях
	Владеет	Методами внедрения результатов исследований и разработок.

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Квантовая механика» применяются следующие методы активного/интерактивного обучения: *дискуссии во время практических занятий по поводу различных способов получения решений некоторых уравнений с привлечением оппонентов из числа студентов, совместное обсуждение физического смысла решений*

## АННОТАЦИЯ

Рабочая программа дисциплины «Векторный и тензорный анализ» разработана для студентов 2 курса направления 14.03.02 «Ядерные физика и технологии», специализации «Физика атомного ядра и частиц» в соответствии с требованиями ФГОС ВО и ОС ДВФУ по данному направлению.

Дисциплина «Векторный и тензорный анализ» относится к разделу Б1.Б базовой части учебного плана.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 час. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (36 часов), практические занятия (36 часов), самостоятельная работа студента (72 часов, из них 36 час. отведены на экзамен). Дисциплина реализуется на 2 курсе в 3 семестре.

Данный курс базируется на материале курсов «Математический анализ», «Алгебра и аналитическая геометрия», «Механика», «Электричество и магнетизм».

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, необходимый для дальнейшего усвоения цикла специальных дисциплин, таких как «Уравнения математической физики», «Электродинамика», «Теоретическая механика», «Квантовая механика» и целый ряд дисциплин по специализациям.

**Цель** курса «Векторный и тензорный анализ» заключается в ознакомлении обучающихся с основами классической теории поля (векторный анализ), тензорной алгебры и тензорного анализа; а также в формировании навыков работы с такими математическими объектами как вектор и тензор, построения и использования криволинейных систем координат (КСК) для дальнейшего освоения дисциплин специализации.

### **Задачи:**

- ознакомление с основными понятиями и методами тензорного и векторного анализа;
- изучение и применение методов тензорного и векторного анализа.

Для успешного изучения дисциплины «Векторный и тензорный анализ» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- ОК-1 – владение культурой мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общекультурные / профессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1 - способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Знает	определения основных понятий векторного и тензорного анализа; содержание основных принципов и теорем векторного и тензорного анализа; основные методы расчетов применяемых в векторном и тензорном анализе.
	Умеет	находить основные характеристики скалярного и векторного полей; применять набла-исчисление; выполнять основные операции тензорной алгебры.
	Владеет	методами расчета характеристик скалярного и векторного полей в различных системах координат; навыками построения криволинейных систем координат; методами тензорного анализа.

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Векторный и тензорный анализ» применяются следующие методы активного / интерактивного обучения: лекция-дискуссия, работа в малых группах, обсуждение, семинар по решению задач в диалоговом режиме.

## Аннотация к рабочей программе дисциплины «Экология»

Курс предназначен для студентов, обучающихся по направлению подготовки направления 14.03.02 «Ядерная физика и технологии», специализации «Физика атомного ядра и частиц» в соответствии с требованиями ОС ВО по данному направлению.

Трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы 72 академических часа (лекции 18 часов, практические занятия 9 часов, в том числе с использованием МАО практические 9 часов, самостоятельная работа 45 часов). Дисциплина читается во 1 семестре 1 курса и основывается на общей подготовке студента, только что поступившего в университет.

Дисциплина тематически связана со знанием основ географии, биологии, химии и физики. Курс формирует базовые представления об экологии как естественнонаучной дисциплине, формирует общее представление о действии основных законов и принципов экологии, изучает влияние на организмы и их сообщества экологических факторов разного типа. Курс формирует понимание необходимости применения фундаментального знания при изучении вопросов прикладной экологии, затрагивает темы основных экологических проблем современной цивилизации и путей их решения. В результате изучения курса студент освоит и сможет применять в дальнейшем наиболее важные и распространенные понятия экологической терминологии, будет иметь представление об открытиях и исследованиях авангарда современной экологической науки, а также ознакомится с существующей практикой природопользования и решением экологических проблем на конкретных примерах работы экологов в разных странах Мира. Курс насыщен яркими презентациями, включает фото и видеоматериалы, затрагивающие актуальные острые вопросы и вносит вклад в формирование широкого кругозора будущего выпускника естественно-научной школы. На основе изученного студент сможет осваивать более углубленно как фундаментальную экологию и ее направления, так и различные прикладные аспекты, в том числе связанные с его будущей профессиональной деятельностью.

Особенность курса – триединство каждого раздела – в контексте каждой темы студент освоит **фундаментальные основы экологии**, включая терминологический аппарат, познакомится с **передовыми достижениями** и узнает о **практике экологов** в странах из разных частей света.

Дисциплина имеет электронную поддержку в виде электронного учебного курса на платформе BlackBoard, на которой размещены все необходимые материалы: лекции, практические задания, материалы для самоподготовки.

**Целью** дисциплины является – формирование у студента первокурсника Школы естественных наук базовых представлений об экологии как фундаментальной естественно-научной дисциплине, понимания

необходимости применения фундаментального знания при изучении вопросов прикладной экологии, а также представления о научных достижениях в области экологии и практическом решении экологических задач в различных странах Мира.

**Задачи:**

- изучение фундаментальных основ экологии: законов и принципов действия экологических факторов на живые организмы, популяции, сообщества и экосистемы;

- знакомство с современными мировыми научными достижениями в области экологии;

- вхождение в актуальную проблематику современного природопользования, формирование понимания необходимости применения фундаментального знания при решении практических задач экологии и знакомство с действующей практикой экологов из разных стран Мира;

- формирование знания основного терминологического аппарата в области экологии и природопользования и способности его применять.

Для успешного изучения дисциплины «Экология» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- сформированность представлений об экологической культуре как условии достижения устойчивого (сбалансированного) развития общества и природы, об экологических связях в системе «человек-общество-природа»;

- сформированность экологического мышления и способности учитывать и оценивать экологические последствия в разных сферах деятельности;

- владения умениями применять экологические знания в жизненных ситуациях, связанных с выполнением типичных социальных ролей;

- владение знаниями экологических императивов, гражданских прав и обязанностей в области энерго- и ресурсосбережения в интересах сохранения окружающей среды, здоровья и безопасности жизни;

- сформированность личностного отношения к экологическим ценностям, моральной ответственности за экологические последствия своих действий в окружающей среде;

- сформированность способности к выполнению проектов экологически ориентированной социальной деятельности, связанных с экологической безопасностью окружающей среды, здоровьем людей и повышением их экологической культуры (Федеральный государственный образовательный стандарт среднего (полного) общего образования от 17 мая 2012 г. №413, изменённый приказом №1645 от 29.12.2014 Минобрнауки России).

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общепрофессиональные компетенции (элементы компетенций):

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1 способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Знает	основные экологические принципы и законы
	Умеет	грамотно поставить задачу изучения экосистем, глобальных экологических проблем, современных динамических процессов в природе и техносфере. Умеет проводить оценку антропогенного воздействия на уровне популяций и сообществ, включая знание структурных и функциональных характеристик
	Владеет	терминологическим аппаратом дисциплины «Экология»; методами отбора и анализа геологических и биологических проб; способностью к использованию теоретических знаний в практической деятельности и навыками организации комплексного долгосрочного слежения за состоянием природной среды и рационального природопользования.

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Экология» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения: *просмотр видеофильмов с обсуждением, решение задач с обсуждением, электронная поддержка на платформе BlackBoard.*

## **АННОТАЦИЯ**

### **к рабочей программе учебной дисциплины «Химия»**

Рабочая программа дисциплины «Химия» разработана для студентов 2 курса направления 14.03.02 «Ядерные физика и технологии», специализации «Физика атомного ядра и частиц» в соответствии с требованиями ФГОС ВО и ОС ДВФУ по данному направлению.

Дисциплина «Химия» относится к разделу Б1.Б.3.9 базовой части учебного плана.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (36 час.), лабораторные работы (18 час.) и практические занятия (18 час.), самостоятельная работа (36 час., из них на подготовку к экзамену 27 час.). Дисциплина реализуется в 3 семестре 2 курса.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных в курсе химии и физики средней школы.

В дисциплине рассмотрены вопросы о химических системах (растворах, дисперсных системах, электрохимических системах, катализаторах и каталитических системах, полимерах и олигомерах), химической термодинамике и кинетике (энергетика химических процессов, химическое и фазовое равновесие, скорость химических реакций и методы ее регулирования, колебательные реакции), реакционной способности веществ (химия и окислительно-восстановительные свойства веществ, химические связи, комплементарность), идентификации химических веществ и физико-химических методах исследования их состава и структуры.

**Цель** освоения дисциплины «Химия» – приобретение знаний о веществе и различных формах его проявлений, формирование знаний о: химических системах, скорости химических реакций, реакционной способности веществ, строении вещества, идентификации веществ; приобретение навыков использования знаний о веществе, его строении и свойствах, в своей профессиональной работе.

#### **Задачи:**

- формирование знаний основных понятий и законов химии;
- формирование знаний умений и навыков по технике лабораторной работы с веществами;
- формирование знаний, умений и навыков безопасной работы в лаборатории.

Для успешного изучения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

ОК-1 - способность к самосовершенствованию и саморазвитию в профессиональной сфере, к повышению общекультурного уровня.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общекультурные / профессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1 способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Знает	теоретические основы современных представлений о строении атома, о химической связи, о теории растворов и электролитической диссоциации; теоретические основы современной неорганической, органической и аналитической химии; современные методы физико-химического исследования веществ; современные достижения химических наук.
	Умеет	применять базовые химические знания в профессиональной деятельности.
	Владеет	навыками экспериментальной работы в химической лаборатории; навыками химических расчетов; навыками исследования веществ.

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины «Программирование и математическое моделирование»**

Дисциплина «Программирование и математическое моделирование» предназначена для студентов, обучающихся по направлению подготовки 14.03.02 Ядерная физика и технологии, профиль подготовки «Физика атомного ядра и частиц», и входит в базовую часть блока «Дисциплины (модули)» учебного плана (индекс Б1.Б.3.4).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (36 часов), лабораторные работы (72 часа), самостоятельная работа студентов (108 часов, в том числе 54 часа на подготовку к экзаменам). Дисциплина реализуется на 1 курсе в 1 и 2 семестрах. Форма промежуточной аттестации – экзамены в 1 и 2 семестрах.

Дисциплина «Программирование и математическое моделирование» опирается на уже изученные в средней школе дисциплины, такие как «Информатика», а также логически и содержательно связана с дисциплинами учебного плана «Математический анализ», «Алгебра и аналитическая геометрия» и опирается на их содержание. В свою очередь изучаемая дисциплина является важной для освоения других дисциплин учебного плана, таких как «Информационные технологии в ядерной физике».

Содержание дисциплины охватывает следующий круг вопросов: линейные, разветвляющиеся и циклические алгоритмы, структура программы, переменные, операции, выражения, ввод/вывод информации, ветвление, циклы, массивы, алгоритмы обработки массивов, динамические массивы, функции, методика численного моделирования, погрешности вычислений, основные вычислительные методы (решение нелинейных уравнений, решение систем линейных уравнений, одномерная и многомерная оптимизация, приближение функций, численное интегрирование), использование компьютерных систем для численного моделирования.

**Целью** изучения дисциплины «Программирование и математическое моделирование» является формирование у обучающихся теоретических знаний в области программирования и математического моделирования и приобретение практических навыков построения и решения математических моделей с использованием вычислительной техники.

**Задачи дисциплины:**

- изучение языка программирования C++;
- знакомство с основными структурами данных и типовыми алгоритмами их обработки;
- развитие навыков алгоритмизации и программирования;
- получение основополагающих знаний в области вычислительных методов и математического моделирования;
- изучение основных вычислительных методов для решения различных классов математических задач;
- развитие способности реализации математических моделей с использованием вычислительной техники;
- развитие готовности применять программирование и математическое моделирование для решения прикладных задач в профессиональной области.

Для успешного изучения дисциплины «Программирование и математическое моделирование» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- ОПК-1 - способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественно-научные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке);
- ОПК-2 - способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и

интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей.

Планируемые результаты обучения по данной дисциплине (знания, умения, владения), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют этапы формирования следующих компетенций:

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОК-17 владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией	Знает	основы алгоритмизации и программирования, один из основных языков программирования
	Умеет	ставить профессиональные задачи, требующие применения компьютерных вычислений, реализовывать алгоритмы в виде программного кода
	Владеет	навыками создания и использования программных продуктов для проведения математического моделирования
ПК-2 способность проводить математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований	Знает	методику численного моделирования, основные математические методы, используемые при численных расчетах
	Умеет	использовать вычислительные методы для численного моделирования процессов и объектов
	Владеет	навыками построения математических моделей и решения их с использованием вычислительной техники

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Программирование и математическое моделирование» применяются следующие методы активного: лекция-беседа, экспресс-опрос, анализ конкретных ситуаций.

## АННОТАЦИЯ

к рабочей программе дисциплины «Позитронная аннигиляционная спектроскопия»

Рабочая программа дисциплины «Позитронная аннигиляционная спектроскопия» разработана для студентов 4 курса направления 14.03.02 «Ядерная физика и технологии», специализации «Физика атомного ядра и частиц» в соответствии с требованиями ОС ВО по данному направлению.

Курс «Позитронная аннигиляционная спектроскопия» относится к разделу Б1.В.ДВ.1 вариативной части учебного плана (дисциплины по выбору).

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (21 час.) и практические занятия (28 часов), самостоятельная работа (95 часов, из них 63 часа отведены на подготовку к экзамену). Дисциплина реализуется в 8 семестре 4 курса.

Данный курс базируется на материале курсов «Механика, электричество и магнетизм», «Теоретическая механика», «Математический анализ», «Алгебра», «Векторный и тензорный анализ», «Дифференциальные и интегральные уравнения, вариационное исчисление».

При освоении данной дисциплины необходимы знания, умения обучающегося, приобретенные в результате освоения курсов: «Физический практикум», «Экспериментальные методы ядерной физики», «Ядерная электроника», «Спектрометрия и радиометрия ядерных излучений», «Методы и устройства регистрации излучений», «Статистические методы обработки информации в ядерной физике».

Курс охватывает спектр вопросов связанных с возникновением и аннигиляцией позитрона ( $e^+$ ), его взаимодействием с веществом, образованием и физико-химическими свойствами позитрония ( $Ps$ ), процессами, протекающими в конденсированных средах при участии позитрона ( $e^+$ ) и позитрония ( $Ps$ ) и спектрометрическими методами анализа свойств вещества, основанными на этих процессах.

**Цель** курса «Позитронная аннигиляционная спектроскопия» заключается в ознакомление с основными положениями современного метода анализа химико-физического, структурного состояния вещества, нанокластеров и наноструктур в конденсированном состоянии.

### **Задачи:**

- ознакомление с основными физическими и химическими свойствами позитрона и позитрония и их особенностями взаимодействия с веществом;

- ознакомление с основными понятиями и методами позитронной аннигиляционной спектроскопии;
- ознакомление с основными понятиями и методами временной спектроскопии;
- изучение и применение методов исследования физико-химических свойств веществ, основанных на аннигиляционной спектроскопии.

Для успешного изучения дисциплины «Позитронная аннигиляционная спектроскопия» у обучающихся должны быть сформирована следующая предварительная компетенция:

ПК-1 – способностью использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общекультурные / профессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-3 готовностью к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов	Знает	терминологию, которая применяется в спектрометрии и радиометрии; технические средства для измерения основных параметров объектов исследования; практические приложения технических средств спектрометрии и радиометрии; основные правила применения средств защиты.
	Умеет	решать задачи прикладного и теоретического характера; пользоваться таблицами, методичками, каталогами.
	Владеет	основными математическими методами обработки результатов эксперимента, используемыми в спектрометрии и радиометрии ядерных излучений; навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой.
ПК-4 способностью использовать технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления	Знает	терминологию, которая применяется в спектрометрии и радиометрии; технические средства для измерения основных параметров объектов исследования; практические приложения технических средств спектрометрии и радиометрии; основные правила применения средств защиты.
	Умеет	решать задачи прикладного и теоретического характера; пользоваться таблицами, методичками,

обзоров, отчетов и научных публикаций		каталогами.
	Владеет	основными математическими методами обработки результатов эксперимента, используемыми в спектрометрии и радиометрии ядерных излучений; навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой.

## АННОТАЦИЯ

к рабочей программе дисциплины «Взаимодействия ионизирующего излучения с веществом»

Рабочая программа дисциплины «Взаимодействия ионизирующего излучения с веществом» разработана для студентов 4 курса направления 14.03.02 «Ядерная физика и технологии», специализации «Физика атомного ядра и частиц» в соответствии с требованиями ОС ВО по данному направлению.

Дисциплина «Биофизика» относится к разделу Б1.В.ДВ.2 дисциплин по выбору вариативной части учебного плана.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (18 час.), практическая работа (18 час.) и лабораторные работы (36 час.), самостоятельная работа (72 час., в том числе на подготовку к экзамену 36 час.). Дисциплина реализуется в 7 семестре 4 курса.

Курс «Взаимодействия ионизирующего излучения с веществом» опирается на содержание дисциплин «Основы теории ядерной физики и элементарных частиц», «Атомная физика», «Квантовая механика», «Электродинамика» бакалавриата.

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при изучении следующих дисциплин «Термодинамика, статистическая физика и физика конденсированного состояния», «Ядерная физика и медицина»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов о строении атомного ядра, радиоактивном распаде, ионизирующих излучениях и их воздействии на неорганические и органические объекты.

В дисциплине рассмотрен состав атомных ядер, границы их устойчивости, подробно освещено явление радиоактивности, виды радиоактивности, характерные их спектры, много внимания уделено вопросам взаимодействия различных видов излучения с веществом, ионизационное торможение заряженных частиц, тормозное излучения, законы ослабления излучения, разобраны вопросы о цепных реакциях, о принципах работы атомных электростанция и атомной бомбы, затронуты вопросы радиационного загрязнения окружающей среды и действия радиоактивности на биологические объекты.

**Цели** освоения дисциплины «Взаимодействия ионизирующего излучения с веществом» – приобретение систематизированных знаний по взаимодействию различных ядерных излучений с веществом и последствиям таких взаимодействий для неорганических и органических материалов.

### Задачи:

- изучение видов нестабильности атомных ядер, закона их распада;
- знакомство с характеристиками ядерных излучений;
- изучение закономерностей взаимодействия ядерных излучений с веществом;
- ознакомление с индуцированными ядерными реакциями их ролью в энергетике человечества;
- изучение последствий воздействия ядерных излучений на кристаллические вещества и биологические объекты, понятия дозы облучения.

Для успешного изучения дисциплины «Взаимодействия ионизирующего излучения с веществом» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- владением культурой мышления, способен к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения (ОК-1);
- готовностью к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства (ОК-6).

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общекультурные / профессиональные компетенции (элементы компетенций):

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-3 готовностью к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов	Знает	характеристики радиоактивных ядер; характеристики радиоактивных излучений; строение неорганических и органических веществ; экологические проблемы, обусловленные излучениями, возникающими от распада радиоактивных веществ, попавших во внешнюю среду.
	Умеет	измерять и рассчитывать активность радиоактивных препаратов; применять теоретические знания к решению практических и научных задач; понимать, излагать и критически анализировать общефизическую информацию.
	Владеет	технологиями использования базовых теоретических знаний в области естественных наук при решении профессиональных задач.

		навыками работы с приборами, регистрирующими ядерные излучения
ПК-4 способностью использовать технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций	Знает	технику безопасности; теоретические основы проведения эксперимента.
	Умеет	использовать технические средства для измерения основы параметров объектов исследования; умеет последовательно излагать методику и результаты проводимых исследований.
	Владеет	навыками по исследованию и подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций.

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Взаимодействия ионизирующего излучения с веществом» предусмотрены следующие методы активного/интерактивного обучения: лекция-беседа, лекция-презентация с обсуждением.

## АННОТАЦИЯ

к рабочей программе дисциплины «Методы и устройства регистрации излучений»

Рабочая программа дисциплины «Методы и устройства регистрации излучений» разработана для студентов 4 курса направления 14.03.02 «Ядерная физика и технологии», специализации «Физика атомного ядра и частиц» в соответствии с требованиями ОС ВО по данному направлению.

Курс «Методы и устройства регистрации излучений» относится к разделу Б1.В.ОД.3 вариативной части учебного плана (обязательные дисциплины).

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (36 час.) и лабораторные работы (36 час.), самостоятельная работа (72 час., из них 36 часов отведены на подготовку к экзамену). Дисциплина реализуется в 7 семестре 4 курса.

При освоении данной дисциплины необходимы знания, умения обучающегося, приобретенные в результате освоения курсов: «Атомная физика», «Ядерная электроника», «Дозиметрия и радиационная безопасность», «Статистические методы обработки информации в ядерной физике», «Основы теории ядерной физики и элементарных частиц».

Дисциплина «Методы и устройства регистрации излучений» охватывает ряд вопросов о методах и средствах радиационной метрологии, её применении для задач экологии, геофизики, геохронологии, биологии, медицины, техники и археологии.

**Цель** курса «Методы и устройства регистрации излучений» заключается в предоставлении систематических знаний о методах и технических средствах радиационной метрологии для анализа и контроля объектов внешней среды или образцов техногенной и другой деятельности человека.

### **Задачи:**

- изучение характеристик и принципов работы детекторов для регистрации ядерных излучений;
- изучение методов измерения основных ядерно-физических характеристик источников ионизирующих излучений;
- изучение основных методов обработки результатов ядерно-физических экспериментов.

Для успешного изучения дисциплины «Методы и устройства регистрации излучений» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

• ПК-1 – способностью использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общекультурные / профессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1 способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Знает	основные методы обобщения, анализа, восприятия информации;
	Умеет	постановить цель и определить пути её достижения;
	Владеет	культурой мышления.
ПК-3 готовностью к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов	Знает	методы проведения экспериментальных исследований;
	Умеет	использовать полученные знания дисциплины в профессиональной деятельности;
	Владеет	основными приемами теоретического и экспериментального исследования.
ПК-4 способностью использовать технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций	Знает	технические средства для измерения основных параметров объектов исследования;
	Умеет	решать задачи прикладного характера; пользоваться таблицами, методичками, каталогами;
	Владеет	основными методами обработки результатов эксперимента.

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Методы и устройства регистрации излучений» применяются следующие методы активного / интерактивного обучения: лекции-презентации.

## АННОТАЦИЯ

к рабочей программе дисциплины «Ядерные физика и медицина»

Дисциплина «Ядерные физика и медицина» разработана для студентов 4 курса направления подготовки 14.03.02 «Ядерные методы и технологии», профиля «Физика атомного ядра и частиц» в соответствии с требованиями ОС ВО по данному направлению.

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору вариативной части Б1.В.ДВ.4.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачётные единицы, 108 часов. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (18 час.), практические занятия (18 час.) и лабораторные занятия (18 час.), самостоятельная работа (54 час., из них 36 час. отведены на экзамен). Дисциплина реализуется в 7 семестре 4 курса.

Для успешного усвоения дисциплины « Ядерные физика и медицина » необходимы устойчивые теоретические знания практические навыки по всем разделам обязательного минимума содержания среднего (полного) образования по физике. Для успешного изучения дисциплины « Ядерные физика и медицина » у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- способностью использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач, способен анализировать социально-значимые проблемы и процессы (ОК-8);

- способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОПК-1).

**Цель:** формирование знаний по действию радиации как экологического фактора на всех иерархических уровнях биосферы; познакомить с основными представлениями и понятиями радиоактивности и радиационной безопасности.

### **Задачи:**

- приобрести знания и освоить экспериментальные методы переноса радионуклидов в атмосфере, гидросфере и литосфере, роли биологических путей в переносе загрязнителей.
- освоить экспериментальные методы оценки концентраций загрязнителей и создаваемых дозовых нагрузок на население.
- изучить теорию и принципы воздействия различных видов

- ионизирующих излучений на биологические объекты;
- научить основным положениям радиационной безопасности и правилам ее нормирования;
- привить студентам навыки анализа радиационной обстановки, радионуклидного загрязнения окружающей среды
- изучить основные опасности, связанные с эксплуатацией предприятий ядерного топливного цикла;
- научиться применять полученные знания в задачах исследовательской и природоохранной деятельности.

Планируемые результаты обучения по данной дисциплине (знания, умения, владения), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют этапы формирования следующих компетенций (общекультурные/ общепрофессиональные/ профессиональные компетенции (элементы компетенций)):

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-6 способностью к творческому научному мышлению, внедрению научных идей, результатов исследования	Знает	Основное устройство приборов, применяющихся для медицинского исследования.
	Умеет	использовать методы анализа биологических данных, полученных в медицинских исследованиях
	Владеет	способность обобщить и дать оценку воздействию таких исследований на биологический организм
ПК-4 способностью использовать технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций	Знает	современные компьютерные технологии.
	Умеет	пользоваться средствами дозиметрического контроля использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования
	Владеет	навыками использования баз данных в своей предметной области. методами спектрального анализа радиационной обстановки

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Ядерная физика и медицина» применяются следующие методы активного и интерактивного обучения: проблемная лекция; лекция-презентация.

## АННОТАЦИЯ

к рабочей программе дисциплины «Введение в прикладную ядерную физику»

Рабочая программа дисциплины «Введение в прикладную ядерную физику» разработана для студентов 2 курса направления 14.03.02 «Ядерная физика и технологии», специализации «Физика атомного ядра и частиц» в соответствии с требованиями ОС ВО по данному направлению.

Курс «Введение в прикладную ядерную физику» относится к разделу Б1.В.ДВ.5 вариативной части учебного плана (дисциплины по выбору).

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (36 час.) и практические занятия (18 час.), самостоятельная работа (90 час). Дисциплина реализуется в 3 семестре 2 курса.

При освоении данной дисциплины необходимы знания, умения обучающегося, приобретенные в результате освоения курсов: «Математика», «Основы математического анализа», «Математический анализ», «Физический практикум», «Механика, электричество и магнетизм».

Дисциплина «Введение в прикладную ядерную физику» охватывает ряд основополагающих вопросов ядерной физики. Рассматриваются строение ядра, учение о радиоактивном распаде, взаимодействие радиоактивных излучений с веществом и основные принципы и методы измерения радиоактивных излучений.

**Цель** курса «Прикладная ядерная физика» заключается в обеспечении подготовки в области методов и средств количественного определения характеристик полей ионизирующих излучений, формируемых различными источниками.

### **Задачи:**

- изучение основных представлений об атомном ядре, его распаде и радиоактивном излучении;
- изучение факторов воздействия ионизирующего излучения на вещество и биоту;
- ознакомление с основными видами радиационной защиты;
- формирование понимания правил работы с источниками ионизирующего излучения;
- формирование понимания принципов дозиметрии.

Для успешного изучения дисциплины «Введение в прикладную ядерную физику» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- ОК-1 – владением культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общекультурные / профессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-1 способностью использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области	Знает	основные методы теоретического и экспериментального исследования; природные и искусственные источники радиации и состав излучений.
	Умеет	использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности; рассчитывать действие радиационного излучения на живые организмы.
	Владеет	методами математического анализа и моделирования; методами спектрального анализа радиационной обстановки.
ОК-15 способностью осознавать социальную значимость своей будущей профессии, демонстрировать высокую мотивацию к выполнению профессиональной деятельности	Знает	природные и искусственные источники радиации и состав излучений; основные экологические проблемы ядерно-топливного цикла.
	Умеет	использовать научно-техническую информацию.
	Владеет	современными компьютерными технологиями; навыками использования баз данных в своей предметной области.

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Введение в прикладную ядерную физику» применяются следующие методы активного / интерактивного обучения: работа в малых группах, обсуждение.

## АННОТАЦИЯ

к рабочей программе учебной дисциплины «Моделирование биологических процессов и систем»

Рабочая программа учебной дисциплины «Моделирование биологических процессов и систем» разработана для студентов 2 курса бакалавриата по направлению подготовки 14.03.02 «Ядерная физика и технологии», профиль «Физика атомного ядра и частиц» в соответствии с требованиями ОС ВО по данному направлению.

Дисциплина «Моделирование биологических процессов и систем» относится к разделу Б1.В.ДВ.8 дисциплин по выбору вариативной части учебного плана.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часа. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (36 час.) и практические занятия (36 час.), самостоятельная работа (72 час). Дисциплина реализуется в 3 семестре 2 курса.

Для полноценного освоения содержания дисциплины студенты должны обладать предварительными знаниями о базовых положениях фундаментальных разделов математики, информатики, обладать навыками использования программных средств и работы в компьютерных сетях, иметь базовые общепрофессиональные представления о теоретических основах общей биологии. Преподавание курса связано с другими курсами государственного образовательного стандарта: «Математический анализ», «Молекулярная физика», «Программирование и математическое моделирование».

**Цель** курса «Моделирование биологических процессов и систем» - дать базовые основы, позволяющие ориентироваться во множестве математических анализов и методов построения моделей в области биологии.

### **Задачи курса:**

- ознакомление с основными терминами и понятиями математического анализа и моделирования;
- освоение методов математического анализа и моделирования природных данных и биологических систем;
- грамотное использование результатов математического анализа и моделирования для обработки, описания процессов в биологии;
- закрепление навыков самостоятельного использования математических методов анализа биологических систем.

Требования к уровню освоения содержания курса: знание

теоретических основ математической статистики и моделирования, навыки практического использования математических методов в исследованиях биологических процессов, базовые знания в области информатики, навыки использования программных средств и работы с компьютером.

Для успешного изучения дисциплины «моделирование биологических процессов и систем» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции: ОК-1 - владением культурой мышления, способен к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общекультурные/ общепрофессиональные компетенции

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-2. Способностью понимать сущность и значение информации в развитии современного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны	Знает	порядок и процедуру шифрования и защиты данных в глобальных сетях
	Умеет	использовать методы защиты информации при работе с базами данных
	Владеет	методами анализа ошибок при работе с защищенными данными, знаниями проверки достоверности полученных результатов на основе баз данных
ПК-1. Способностью использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области	Знает	информационные ресурсы для нахождения необходимых данных, современные библиотеки баз данных
	Умеет	обрабатывать информацию с полученных ресурсов, использовать ПО для автоматизации процессов обработки данных
	Владеет	навыками работы с компьютером и подключением к удаленным серверам, схематическими знаниями приборов участвующих в передаче данных между сервером и ПК

ПК-2. способностью проводить математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований	Знает	математические методы анализа данных, ПО участвующих в проведении исследования баз данных
	Умеет	определять тип и степень искажения полученных данных
	Владеет	методами статистического анализа баз данных, навыками планирования исследования

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Моделирование биологических процессов и систем» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения: работа в малых группах.

## АННОТАЦИЯ

к рабочей программе дисциплины «Теоретическая механика»

Рабочая программа дисциплины «Теоретическая механика» разработана для студентов 2 курса направления 14.03.02 «Ядерная физика и технологии», специализации «Физика атомного ядра и частиц» в соответствии с требованиями ОС ВО по данному направлению.

Дисциплина «Теоретическая механика» относится к разделу Б1.В.ОД.1.3 базовой части учебного плана.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часов. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (36 час.) и практические занятия (36 час), самостоятельная работа (72 час., в том числе на подготовку к экзамену 36 час). Дисциплина реализуется в 4 семестре 2 курса.

Курс «Теоретическая механика» основывается на следующих дисциплинах: «Механика», «Оптика», «Электричество и магнетизм». В свою очередь, понятия, вводимые в этом курсе, являются важными для последующего изучения дисциплин «Электродинамика», «Квантовая механика», «Статистические методы в ядерной физике», «Сопротивление материалов», изучаемыми в следующих семестрах.

В дисциплине рассмотрены основные понятия теоретической физики, используемые в классической механике.

**Цель** освоения дисциплины формирование представления о применении основных понятий теоретической физики в классической механике.

### **Задачи:**

- Формирование понимания использования математического аппарата для получения аналитических решений физических задач.
- Изучение принципа наименьшего действия, теореме Нетер, уравнения Лагранжа, Гамильтона и Гамильтона Якоби и умение применять их для решения задач теоретической механики.

Для успешного изучения дисциплины «Теоретическая механика» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- готовность к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства (ОК-6);
- владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией (ОК-10);

- готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов (ПК-3).

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общекультурные и общепрофессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1 способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Знает	Основные понятия теоремы, законы и принципы теоретической механики для тел и систем, находящихся в состоянии покоя и движения. Основные методы и приемы исследования равновесия и движения тел. О поведении идеализированных механических систем под действием сил различной природы. Методы исследования механических систем
	Умеет	Использовать общие законы и методы теоретической механики. Определять место и порядок применения методов и принципов теоретической механики. Интерпретировать результаты статических, кинематических и динамических методов расчета.
	Владеет	Основными методами решения задач теоретической механики. Навыками использования математического аппарата для решения задач.
ПК-5 готовностью к составлению отчета по выполненному заданию, к участию во внедрении результатов исследований и разработок	Знает	основные правила подготовки отчётов по научно-исследовательской работе, требования к научным публикациям и презентациям; стандарты оформления работ
	Умеет	формулировать итоги проводимых исследований в виде отчётов и научных публикаций, выработать рекомендации по практическому использованию полученных результатов.
	Владеет	навыками подготовки обзоров и отчётов по результатам проводимых исследований, подготовки научных публикаций и заявок на изобретения.

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Теоретическая механика» предусмотрены следующие методы активного/интерактивного обучения: лекция-беседа; групповая консультация (для практических занятий).

## **Аннотация**

### к рабочей программе дисциплины «Электродинамика»

Рабочая программа дисциплины «Электродинамика» разработана для студентов 3 курса направления 14.03.02 «Ядерная физика и технологии», специализации «Физика атомного ядра и частиц» в соответствии с требованиями ОС ВО по данному направлению.

Курс «Электродинамика» относится к разделу Б1.В.ОД1.4 базовой части учебного плана.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часа. Учебным планом предусмотрены лекции (54 час.) и практические занятия (72 час.), самостоятельная работа (18 час). Дисциплина реализуется в 5 семестре 3 курса.

При освоении данной дисциплины необходимы знания и умения обучающегося, приобретенные в результате освоения курсов: «Теоретическая механика», «Уравнения математической физики», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Механика», «Дифференциальные и интегральные уравнения, вариационное исчисление», «Векторный и тензорный анализ», «Алгебра и аналитическая геометрия», «Математический анализ».

Данная дисциплина описывает и объясняет ряд физических явлений связанных с электричеством и магнетизмом с помощью элементов математического анализа и дифференциальной геометрии.

**Цель** курса – приобретение систематизированных знаний по основам электродинамики.

#### **Задачи:**

- Изучение математического аппарата электродинамики.
- Освоение основных понятий и уравнений электродинамики.
- Приобретение навыков решения задач по дисциплине электродинамика.

Для успешного изучения дисциплины «Электродинамика» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- ОПК-1 – способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального. В результате изучения данной

дисциплины у студентов формируются следующие общепрофессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-1 способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	Знает	теоретические основания электродинамики, основные физические понятия и законы, описываемые электродинамикой.
	Умеет	решать типовые задачи электродинамики.
	Владеет	точными и приближенными методами электродинамики.

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Электродинамика» применяются следующие методы активного/интерактивного обучения: лекции-беседы, проблемные лекции, работа в малых группах для выполнения творческих заданий.

## АННОТАЦИЯ

к рабочей программе дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация»

Рабочая программа дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» разработана для студентов 1 курса направления 14.03.02 «Ядерная физика и технологии», специализации «Физика атомного ядра и частиц» в соответствии с требованиями ОС ВО по данному направлению.

Дисциплина «Метрология, стандартизация и сертификация» относится к разделу Б1.В.ОД.2.1 дисциплин по выбору вариативной части учебного плана.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (36 час.) и практические занятия (36 час.), самостоятельная работа (72 час.). Дисциплина реализуется в 3 семестре 2 курса.

Курс «Метрология, стандартизация и сертификация» опирается на содержание дисциплин «Современные информационные технологии», «Математический анализ», «Оптика», «Электричество и магнетизм».

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, необходимый для решения задач обеспечения единства измерений и контроля качества продукции (услуг).

В дисциплине рассмотрены задачи по метрологическому и нормативному обеспечению разработки, производства, испытаний, эксплуатации и утилизации продукции, планирования и выполнения работ по стандартизации и сертификации продукции и процессов разработки и внедрения систем управления качеством; метрологической и нормативной экспертизе, использования современных информационных технологий при проектировании и применении средств и технологий управления качеством.

**Цель** освоения дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» – получение студентами основных научно-практических знаний в области метрологии, стандартизации и сертификации

### **Задачи:**

- формирование понятия о законодательной, теоретической и практической метрологии; об отечественной и международной стандартизации;
- изучение основных понятий в области метрологии;

- освоение методов обработки результатов многократных измерений при наличии случайных и грубых составляющих погрешностей;

- изучение законодательных, нормативных и правовых актов, методических материалов по стандартизации, сертификации, метрологии и управлению качеством.

Для успешного изучения дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- готовность к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства (ОК-6);

- владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией (ОК-10);

- готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов (ПК-3).

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общекультурные / профессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОК-12 способностью использовать нормативные правовые документы в своей деятельности	Знает	нормативные и методические документы, регламентирующие поверку и калибровку средств измерений.
	Умеет	использовать стандарты и другие нормативные документы при оценке, контроле качества и сертификации сырья и продукции.
	Владеет	способностью оформлять отчетную, техническую документацию.
ПК-4 способностью использовать технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к	Знает	основные правила подготовки отчетов по научно-исследовательской работе, требования к научным публикациям и презентациям; стандарты оформления работ
	Умеет	формулировать итоги проводимых исследований в виде отчетов и научных публикаций, выработать рекомендации по практическому использованию полученных результатов.

подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций	Владеет	навыками подготовки обзоров и отчётов по результатам проводимых исследований, подготовки научных публикаций и заявок на изобретения.
---	---------	--

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» предусмотрены следующие методы активного/интерактивного обучения: решение задач с обсуждением.

## АННОТАЦИЯ

Рабочая программа дисциплины «Сопротивление материалов» разработана для студентов 3 курса направления 14.03.02 «Ядерная физика и технологии», специализации «Физика атомного ядра и частиц» в соответствии с требованиями ФГОС ВО и ОС ДВФУ по данному направлению.

Курс «Сопротивление материалов» относится к разделу Б1.В.ОД вариативной части учебного плана (обязательные дисциплины).

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (36 час.) и практические занятия (18 час), самостоятельная работа (54 час). Дисциплина реализуется в 5 семестре 3 курса.

Данный курс базируется на материале курсов «Механика», «Теоретическая механика», «Математический анализ», «Алгебра и аналитическая геометрия», «Векторный и тензорный анализ», «Дифференциальные и интегральные уравнения, вариационное исчисление».

Курс охватывает фундаментальные понятия механики деформируемых тел. Он фокусируется на анализе структурных элементов, подверженных растяжению, сжатию, кручению, изгибу и комбинированным напряжениям, для чего применяются фундаментальные представления о напряжении, деформации и упругом поведении материалов.

**Цель** курса «Сопротивление материалов» заключается в ознакомлении обучающихся с основами механики деформируемого твердого тела, а также в формировании навыков проведения расчетов элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость при силовых и температурных воздействиях для дальнейшего освоения дисциплин специализации.

### **Задачи:**

- ознакомление с основными понятиями и методами механики деформируемого твердого тела;
- изучение и применение методов исследования напряженно-деформированного состояния в элементах конструкций;
- изучение и применение методов расчета элементов конструкций при различных видах деформации.

Для успешного изучения дисциплины «Сопротивление материалов» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- ОК-1 – владением культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общекультурные / профессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1 способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Знает	терминологию, которая применяется в сопротивлении материалов; содержание основных принципов и определений сопротивления материалов.
	Умеет	решать задачи прикладного и теоретического характера; строить эпюры при различных видах нагружения стержней.
	Владеет	математическим аппаратом в решении задач сопротивления материалов.
ПК-1 - способность использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области	Знает	основные методы расчетов в сопротивлении материалов и границы их применения.
	Умеет	применять методы расчетов на прочность, жесткость и устойчивость.
	Владеет	методами расчета элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость.

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Сопротивление материалов» применяются следующие методы активного / интерактивного обучения: работа в малых группах, обсуждение.

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины «Дозиметрия и радиационная безопасность»**

Рабочая программа дисциплины «Дозиметрия и радиационная безопасность» разработана для студентов 3 курса направления 14.03.02 «Ядерная физика и технологии», специализации «Физика атомного ядра и частиц» в соответствии с требованиями ОС ДВФУ по данному направлению.

Дисциплина «Дозиметрия и радиационная безопасность» относится к разделу Б1.В.ОД.3.4 обязательных дисциплин вариативной части учебного плана.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (18 час.), практические занятия (54 час.), самостоятельная работа (72 час, из них на экзамен - 36 час.). Дисциплина реализуется в 6 семестре 3 курса.

Дисциплина «Дозиметрия и радиационная безопасность» логически взаимосвязана с другими профессиональными дисциплинами, необходимыми для реализации общепрофессиональных и профессиональных компетенций у обучающихся, а именно: «Методы и устройства регистрации излучений», «Спектрометрия и радиометрия ядерных излучений», «Взаимодействия ионизирующего излучения с веществом», «Инструментальные методы радиационной безопасности», «Радиационная биофизика».

В рамках дисциплины «Дозиметрия и радиационная безопасность» рассматриваются свойства ионизирующих излучений, физические величины, характеризующие радиоактивные источники, поле излучения и его трансформацию в веществе, основные принципы и методы определения этих величин, а также принципы работы и устройство дозиметрической аппаратуры. Особое внимание уделяется вопросам взаимодействия ионизирующего с веществом, биологического воздействия ионизирующего излучения на организм человека, основным методам и средствам защиты от ионизирующего излучения, основным требованиям и принципам обеспечения радиационной безопасности при работе с радиоактивными источниками.

Дисциплина «Дозиметрия и радиационная безопасность» состоит из трех разделов: «Основные понятия и величины дозиметрии», «Физические основы дозиметрии», «Радиационная безопасность при работе с источниками ионизирующего излучения».

В первом разделе «Основные понятия и величины дозиметрии» рассматриваются исторические этапы развития дозиметрии, основные характеристики радиоактивных источников и испускаемых ими излучений. Изучаются основные механизмы взаимодействия ионизирующего излучения с веществ-

вом, и вводится основная дозиметрическая величина, являющаяся мерой поглощенной веществом энергии – поглощенная доза, количественное определение которой необходимо, прежде всего, для выявления, оценки и предупреждения возможной радиационной опасности для человека. Большое внимание уделяется изучению современной системы дозиметрических величин и единицам их измерения.

Во втором разделе рассматриваются особенности взаимодействия ионизирующих излучений с веществом, вопросы регистрации и детектирования ионизирующих излучений различных типов. В разделе изучаются основные физические методы регистрации ионизирующих излучений – ионизационный, сцинтилляционный и люминесцентный методы дозиметрии. Рассматриваются особенности конструкции и основные характеристики детекторов ионизирующих излучений, а также современные технические средства дозиметрического контроля, их устройство и принципы работы с ними.

Третий раздел посвящен изучению основных принципов безопасной работы при использовании источников ионизирующего излучения. В разделе рассматривается биологическое действие ионизирующего излучения, основные способы и средства защиты от ионизирующего излучения, а также действующие в Российской Федерации основные правила и нормативы в области обеспечения радиационной безопасности и проведения радиационного контроля.

**Цель дисциплины** – обеспечение фундаментальной подготовки бакалавра по направлению 14.03.02 «Ядерная физика и технологии» в области методов и средств количественного определения характеристик радиоактивных источников и полей ионизирующих излучений.

**Задачи освоения дисциплины**

- изучение основных физических величин, характеризующих радиоактивные источники и поля ионизирующих излучений;
- изучение основных механизмов взаимодействия ионизирующих излучений с веществом и биологического воздействия ионизирующего излучения на организм человека;
- изучение основных понятий и методов дозиметрии;
- формирование навыков практического применения приборов дозиметрического контроля и выполнения дозиметрических измерений;
- формирование навыков проведения радиационных расчетов;
- изучение принципов проведения безопасных работ при использовании источников ионизирующего излучения;

- овладение методами проведения радиационного контроля и обеспечения радиационной безопасности.

Для успешного изучения дисциплины «Дозиметрия и радиационная безопасность» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применение методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОПК-1);

- готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов (ПК-3).

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общепрофессиональные и профессиональные компетенции:

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-3 владение основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий	Знает	Особенности воздействия ионизирующего излучения на организм человека и возможные виды облучения человека; основные положения нормативных документов по обеспечению радиационной безопасности и проведения радиационного контроля при работе с источниками ионизирующего излучения, включая дозовые пределы облучения персонала и населения; меры индивидуальной защиты и личной гигиены при работе с источниками ионизирующего излучения; основные конструкции и виды защит от ионизирующего излучения; основные принципы безопасной работы при использовании источников ионизирующего излучения; основные методы обеспечения радиационной безопасности
	Умеет	Проводить дозиметрические измерения; определять экспериментально или путем расчета характеристики полей излучений; выполнять расчеты доз излучений исходя из внешних условий и характеристик радиоактивных источников; пользоваться справочной литературой при решении задач дозиметрии и радиационной защиты; подготавливать и анализировать информационные дан-

		ные для расчета биологических защит и проведения мероприятий по радиационной безопасности; проводить оценку последствий облучения персонала и населения при проведении работ с источниками ионизирующего излучения; проводить исследования радиационных полей в производственных условиях и предлагать пути снижения радиационной нагрузки; использовать средства индивидуальной защиты и личной гигиены при работе с источниками ионизирующего излучения
	Владеет	Навыками практического применения приборов радиационного контроля; навыками проведения радиационных расчетов; методами проведения работ, связанных с действующими нормативами и правилами в области обеспечения радиационной безопасности и проведения радиационного контроля
ПК-4 способностью использовать технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций	Знает	Природу и виды ионизирующих излучений; основные свойства и характеристики ионизирующих излучений; теоретические основы и основные понятия дозиметрии; основные механизмы взаимодействия ионизирующих излучений с веществом и физические принципы, лежащие в основе регистрации ионизирующих излучений; основные методы регистрации ионизирующих излучений; принципы работы и устройство дозиметрической аппаратуры
	Умеет	Квалифицированно выбирать и использовать дозиметрическую аппаратуру; пользоваться современными методами обработки данных эксперимента, оценивать погрешности расчетов, прямых и косвенных измерений; определять дозовые нагрузки на человека и объекты окружающей среды, находящихся в полях ионизирующих излучений
	Владеет	Методами проведения дозиметрических измерений

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Дозиметрия и радиационная безопасность» применяются следующие мето-

ды активного/интерактивного обучения: лекция-дискуссия, лекция-беседа, лекция-презентация, лекция с разбором конкретных ситуаций, метод круглого стола, работа в малых группах.

## АННОТАЦИЯ

к рабочей программе дисциплины «Ядерные методы в биосистемах»

Дисциплина «Ядерные методы в биосистемах» разработана для студентов 4 курса направления подготовки 14.03.02 «Ядерные методы и технологии», профиля «Физика атомного ядра и частиц» в соответствии с требованиями ОС ВО по данному направлению.

Дисциплина «Ядерные методы в биосистемах» относится к разделу Б1.В.ДВ.8 дисциплин по выбору вариативной части учебного плана.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (36 час.) и практические занятия (36 час.), самостоятельная работа (72 час). Дисциплина реализуется в 7 семестре 4 курса.

Для успешного усвоения дисциплины «Ядерные методы в биосистемах» необходимы устойчивые теоретические знания практические навыки по всем разделам обязательного минимума содержания среднего (полного) образования по физике. Для успешного изучения дисциплины «Ядерные методы в биосистемах» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- способностью использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач, способен анализировать социально-значимые проблемы и процессы (ОК-8);

- способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОПК-1).

**Цель:** сформировать представление о направлениях исследования биологических систем ядерными методами и механизме их воздействия на биологическую структуру, познакомить с основными способами и методами регистрации биологических параметров.

### **Задачи:**

- Изучение последствий воздействия ядерных исследований на биологический объект.

- Изучить основные ядерные методы, применяющиеся для исследования биологических систем в различных областях современной науки.

Планируемые результаты обучения по данной дисциплине (знания, умения, владения), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют этапы формирования

следующих компетенций (общекультурные/ общепрофессиональные/ профессиональные компетенции (элементы компетенций)):

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-3 готовностью к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов	Знает	<ul style="list-style-type: none"> <li>• порядок и процедуру проведения исследований, использующих ядерные методы.</li> <li>• принципы радиационной безопасности при проведении научных исследований.</li> </ul>
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать методы анализа полученных спектров.</li> <li>• учитывать ошибки измерения при проведении ядерных исследований (фон, движение исследуемого объекта и т.д).</li> </ul>
	Владеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>• способностями обобщать и анализировать информацию, полученную с ПЭТ, ЯМР.</li> <li>• знаниями проверки полученных результатов.</li> </ul>
ОПК-1 способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Знает	<ul style="list-style-type: none"> <li>• основные устройства, применяющиеся для исследования биологических систем.</li> <li>• степень влияние таких исследований на биологическую структуру.</li> <li>• принципы работы приборов, использующих ядерные методы исследования.</li> </ul>
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>• читать принципиальную схему детектирования биологических параметров.</li> <li>• умение рассчитать последствия воздействия от того или иного метода исследования.</li> </ul>
	Владеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>• способностью произвести анализа спектров излучение.</li> <li>• владение методами дозиметрии, способностью определить тип и степень биологического воздействия.</li> </ul>

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины «Параллельное программирование»**

Учебная дисциплина «Параллельное программирование» разработана для студентов 4 курса направления подготовки бакалавров «14.03.02, Физика», соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования и образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 2 ЗЕ (72 час.). Учебным планом предусмотрены практические занятия (32 час.), самостоятельная работа студента (40 час.). Дисциплина «Параллельное программирование» входит в факультативную часть цикла дисциплин образовательной программы, реализуется на 4 курсе, в 7,8 семестрах.

Дисциплина «Параллельное программирование» логически и содержательно связана с такими курсами, как «Современные информационные технологии», «Программирование и математическое моделирование», «Компьютерная графика» и др.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных теорией и практикой параллельного программирования и проектирования. Анализируются современные методы параллельной алгоритмизации и многопоточного проектирования, рассматривается методика разработки новых параллельных методов. В реализации учебной дисциплины используются программно-методические подходы, развивающие подготовку выпускников по проектному виду профессиональной деятельности.

**Цель** изучения дисциплины - освоение методологии параллельного программирования и методов проектирования на основе высокопроизводительных программно-аппаратных средств.

### **Задачи:**

- освоение теоретических положений по разработке параллельных программ ЭВМ;

- изучение методов параллельного проектирования многопоточных программ ЭВМ;

- практическое освоение методов параллельного проектирования и программирования.

Для успешного изучения дисциплины «Параллельное программирование» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- ОК-5 - способностью использовать современные методы и технологии (в том числе информационные) в профессиональной деятельности;

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-1 - способностью использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области	Знает	<ul style="list-style-type: none"> <li>- фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики;</li> <li>- численные порядки величин, характерные для различных разделов физики</li> </ul>
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>- получать в ходе экспериментов значения измеряемых величин, являющиеся наилучшими приближениями к истинным в заданных условиях;</li> <li>- работать на современном экспериментальном оборудовании;</li> <li>- находить безразмерные параметры, определяющие изучаемое явление, и производить численные оценки по порядку величины</li> </ul>
	Владеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основами безопасной работы с приборами и другим экспериментальным оборудованием;</li> <li>- элементарными навыками работы в современной физической лаборатории;</li> <li>культурой постановки и моделирования физических и естественнонаучных задач;</li> </ul>

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Параллельное программирование» применяются следующие методы

активного/ интерактивного обучения: дискуссия, методы параллельного проектирования, методы разработки собственного параллельного ПО.

## **АННОТАЦИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ «АЛГЕБРА И АНАЛИТИЧЕСКАЯ ГЕОМЕТРИЯ»**

Рабочая программа дисциплины «Алгебра и аналитическая геометрия» разработана для студентов 1 курса направления 14.03.02 «Ядерные физика и технологии», профиль «Физика атомного ядра и частиц» в соответствии с требованиями ОС ВО ДВФУ по данному направлению.

Дисциплина «Алгебра и аналитическая геометрия» относится к разделу Б1.Б.3.2 базовой части учебного плана.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (54 час.) и практические занятия (72 час), самостоятельная работа (126 час., из них на подготовку к экзамену 54 час.). Дисциплина реализуется в 1,2 семестрах 1 курса.

Содержание дисциплины «Алгебра» охватывает круг вопросов, необходимый для дальнейшего усвоения цикла специальных дисциплин по теоретической физике и математике, таких как «Дифференциальные и интегральные уравнения, вариационное исчисление», «Оптика», «Векторный и тензорный анализ», «Теоретическая механика», «Электродинамика», «Квантовая механика», «Уравнения математической физики» и многие другие дисциплины обширно использующие математический аппарат.

В дисциплине «Алгебра» рассмотрены основные методы матричного исчисления, теория определителей, методы решения различных систем уравнений, комплексные числа, фундаментальные понятия линейных пространств и линейных операторов.

Содержание дисциплины «Аналитическая геометрия» охватывает круг вопросов, необходимый для дальнейшего усвоения цикла специальных дисциплин по теоретической физике и математике, таких как «Дифференциальные и интегральные уравнения, вариационное исчисление», «Векторный и тензорный анализ», «Теоретическая механика», «Уравнения математической физики».

В дисциплине рассмотрены основные представления о векторах, о прямых на плоскости и в пространстве, о кривых и поверхностях второго порядка.

**Цель** освоения дисциплины «Алгебра и аналитическая геометрия»

– формирование системы знаний, умений, навыков по использованию математических методов; математического языка; развитие умения применять знания для решения практических задач при изучении других дисциплин.

– воспитание высокой математической культуры, привитие навыков современных видов мышления, привитие навыков использования

геометрических методов решения задач как составляющую фундаментальной подготовки квалифицированного специалиста в области ядерных физики и технологий.

### **Задачи:**

- формирование устойчивых навыков по компетентностному применению фундаментальных положений линейной алгебры при изучении дисциплин профессионального цикла и научном анализе ситуаций, с которыми выпускнику приходится сталкиваться в профессиональной и общекультурной деятельности;
- обучение применению методов линейной алгебры для построения математических моделей реальных физических процессов и анализа физических экспериментов;
- умение решать типичные задачи линейной алгебры, такие как решение линейных уравнений, выполнение операций над матрицами, нахождение собственных значений линейных операторов и т.д.;
- освоение фундаментальных понятий линейного оператора и его основные свойства.
- овладение аппаратом высшей математики (аналитической геометрии);
- приобретение базы, необходимой для изучения прикладных, информационных, специальных дисциплин;
- овладение навыками обработки и анализа полученных данных с помощью современных информационных технологий.

Для успешного изучения дисциплины «Алгебра и аналитическая геометрия» у обучающихся достаточно знаний, полученных в объеме средней школы.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общекультурные / профессиональные компетенции (элементы компетенций).

<b>Код и формулировка компетенции</b>	<b>Этапы формирования компетенции</b>	
ОПК-1 способностью использовать основные законы естественнонаучных	Знает	основные понятия и методы матричного исчисления, теорию определителей, методы решения различных систем уравнений, комплексные числа, фундаментальные понятия линейных пространств и линейных операторов

дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Умеет	применять методы линейной алгебры при решении физических задач.
	Владеет	инструментом для решения математических задач в своей предметной области.