

Рабочая программа составлена  
В.А. Орлов к.ф.-м.н., доцент,  
А.А. Иванов д.ф.-м.н., профессор

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физики

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ (Баранов А.М.)

Одобрено научно-методическим советом ИМФИ \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Председатель комиссии \_\_\_\_\_ (Кейв М.А.)  
(ф.и.о., подпись)

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ**

**Молекулярная физика**

(наименование)

**для студентов основной образовательной программы бакалавриата  
440305 – “Педагогическое образование”, профили “Физика и Технология”**

(наименование, шифр)

**по очной форме обучения**

**КАФЕДРА:** физики

**СОСТАВИТЕЛИ:** к.ф.-м.н., доц., В.А. Орлов

д.ф.-м.н., проф, .А.А. Иванов,

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОМУ  
КОМПЛЕКСУ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Молекулярная физика**

(наименование)

**для студентов основной образовательной программы бакалавриата  
440305 – “Педагогическое образование”, профили “Физика и  
Технология“**

(наименование, шифр)

**по очной форме обучения**

Учебно-методический комплекс дисциплины (УМКД) «Молекулярная физика» включает в себя следующие элементы:

1. Пояснительная записка;
2. Учебная программа дисциплины.
3. Карта ресурсов.
4. Рейтинг контроль.
5. Методические рекомендации.
6. Учебные материалы.

**Учебная программа дисциплины**

Учебная программа дисциплины устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям студента и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих данную дисциплину, и студентов, участвующих в процессе изучения дисциплины.

Учебная программа дисциплины состоит из следующих документов:

- *Выписка из федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования 050100.62 “Педагогическое образование” профиль Физика с дополнительной специальностью Информатика;*
- *Примерная программа дисциплины, рекомендованная Министерством образования Российской Федерации;*
- *Рабочая модульная программа дисциплины для студентов, обучающихся по программе бакалавриата 050100.62 – Информатика;*
- *Лист внесения изменений;*
- *Учебно-методическая карта дисциплины;*
- *Карта самостоятельной работы студента по дисциплине;*

- *Протокол согласования рабочей программы с другими дисциплинами специальности;*
- *Анализ результатов обучения и перечень корректирующих мероприятий по учебной дисциплине.*

### **Карта ресурсов**

Карта ресурсов данной дисциплины представлена следующими документами:

- *Карта литературного обеспечения дисциплины;*
- *Карта обеспеченности учебными материалами дисциплины;*
- *Карта обеспеченности оборудованием дисциплины.*

### **Рейтинг контроль**

Рейтинг контроль данной дисциплины представлен следующими документами:

- *Технологическая карта дисциплины;*
- *Журналы рейтинга студентов по дисциплине (образец).*

### **Методические материалы**

Методическое обеспечение дисциплины представлено следующими документами:

- *Печатное издание “Лабораторных работы по молекулярной физике”, включающее инструкции по работе с измерительными приборами, инструкции к выполнению учебных экспериментов и справочный материал;*
- *Сборник задач по молекулярной физике.*
- *Рекомендации для преподавателей и студентов, контрольно-измерительные материалы*

### **Учебные материалы**

Учебные материалы по данной дисциплине содержат следующие дидактические материалы, представленные в электронном виде (CD-диск), так и в традиционном (бумажном):

- *Методические рекомендации для студентов и преподавателей*
- *Перечень вопросов для самостоятельной работы;*
- *Вопросы к экзамену;*
- *Электронные материалы по дисциплине (CD-диск);*

### **Авторы учебно-методического комплекса дисциплины**

Доцент, кандидат физико-математических наук Орлов В.А.  
Профессор, доктор физико-математических наук, Иванов А.А.

**Выписка**

## **из федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования**

по направлению подготовки 440305 – “Педагогическое образование”,  
утвержденного приказом министра образования и науки Российской  
Федерации

### **IV. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БАКАЛАВРОВ**

**4.1.** Область профессиональной деятельности бакалавров включает образование, социальную сферу, культуру.

**4.2.** Объектами профессиональной деятельности бакалавров являются обучение, воспитание, развитие, образовательные системы.

**4.3.** Бакалавр по направлению подготовки **050100 Педагогическое образование** готовится к следующим видам профессиональной деятельности:

- педагогическая;
- культурно-просветительская;
- научно-исследовательская.

*в области научно-исследовательской деятельности:*

сбор, анализ, систематизация и использование информации по актуальным проблемам науки и образования;

разработка современных педагогических технологий с учетом особенностей образовательного процесса, задач воспитания, обучения и развития личности;

проведение экспериментов по использованию новых форм учебной и воспитательной деятельности, анализ результатов.

### **V. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ БАКАЛАВРИАТА**

**5.1.** Выпускник должен обладать следующими общекультурными компетенциями (ОК):

способностью использовать знания о современной естественнонаучной картине мира в образовательной и профессиональной деятельности, применять методы математической обработки информации, теоретического и экспериментального исследования (ОК-4);

**5.2. Выпускник должен обладать следующими профессиональными компетенциями (ПК):**

способностью использовать систематизированные теоретические и практические знания гуманитарных, социальных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач (ОПК-2);

способностью к подготовке и редактированию текстов профессионального и социально значимого содержания (ОПК-5);

в области научно-исследовательской деятельности:

готовностью использовать систематизированные теоретические и практические знания для определения и решения исследовательских задач в области образования (ПК-11);

способностью разрабатывать современные педагогические технологии с учетом особенностей образовательного процесса, задач воспитания и развития личности (ПК-12);

способностью использовать в учебно-воспитательной деятельности основные методы научного исследования (ПК-13).

**7.4.** В учебной программе каждой дисциплины (модуля) должны быть четко сформулированы конечные результаты обучения в органичной увязке с осваиваемыми знаниями, умениями и приобретаемыми компетенциями в целом по ООП.

Общая трудоемкость дисциплины не может быть менее двух зачетных единиц (за исключением дисциплин по выбору обучающихся). По дисциплинам, трудоемкость которых составляет более трех зачетных единиц должна выставляться оценка («отлично», «хорошо», «удовлетворительно»).

**7.6.** Максимальный объем учебной нагрузки обучающихся не может составлять более 54 академических часов в неделю, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы по освоению ООП и факультативных дисциплин, устанавливаемых вузом дополнительно к ООП и необязательными для изучения обучающимися.

Объем факультативных дисциплин не должен превышать 10 зачетных единиц за весь период обучения.

**7.7.** Максимальный объем аудиторных учебных занятий в неделю при освоении ООП при очной форме обучения составляет 27 академических часов, с учетом специфики направления подготовки. В указанный объем не входят обязательные аудиторные занятия по физической культуре.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**УТВЕРЖДАЮ**  
Руководитель Департамента  
образовательных программ и стандартов  
профессионального образования  
\_\_\_\_\_ Л.С. Гребнев  
« 12 » ноября 2001 г.

ПРИМЕРНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**ОБЩАЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА**

*Рекомендуется Министерством образования Российской Федерации  
для специальности 032200 Физика*

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Общая и экспериментальная физика» является базовой при подготовке учителей по направлению 440305 Физика.

Целью дисциплины является формирование личности будущего учителя, подготовка специалистов к преподаванию физики в современной школе, овладение научным методом познания; выработка у студентов навыков самостоятельной учебной деятельности, развитие у них познавательной потребности.

Задачами дисциплины являются обучение студентов научным знаниям по основным разделам физики: **механики**, электродинамики, молекулярной физики, оптики, квантовой физики; овладение элементарными навыками в проведении физических экспериментов, теоретическими и экспериментальными методами решения физических задач; формирование современной физической картины мира.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Уровень подготовки студента, изучившего дисциплину «Общая и экспериментальная физика», характеризуется его способностью выполнять следующие виды деятельности:

- выявлять существенные признаки, устанавливать характерные закономерности при наблюдении и экспериментальных исследованиях физических явлений и процессов;
- опознавать в природных явлениях известные физические модели;
- применять для описания физических явлений известные физические модели;
- строить математические модели для описания простейших физических явлений;
- измерять основные физические величины, указывая погрешности измерений;
- владеть физическим научным языком;
- описывать физические явления и процессы, используя физическую научную терминологию;
- владеть различными способами представления физической информации;
- выражать физическую информацию различными способами ( в вербальной, знаковой, аналитической, математической, графической, схемотехнической, образной, алгоритмической формах);
- давать определения основных физических понятий и величин;
- формулировать основные физические законы и границы их применимости;
- использовать международную систему единиц измерения физических величин (СИ) при физических расчётах и формулировке физических закономерностей;
- владеть методом оценки порядка физических величин при их расчётах;
- владеть методом размерностей для выявления функциональной зависимости физических величин;
- владеть основными методами экспериментальных физических исследований (стробоскопическим, осциллографическим, методом

физического моделирования, оптическим, сравнения, микроскопии, спектрального анализа, рентгеноструктурного анализа, масспектроскопии, эквивалентного замещения);  
 получать ответы при решении физических задач, тематика которых соответствует содержанию курса;  
 решать простейшие экспериментальные физические задачи, используя методы физических исследований,  
 использовать численные значения фундаментальных физических констант для оценки результатов простейших физических экспериментов;  
 применять знание физических теорий для анализа незнакомых физических ситуаций;  
 аргументировать научную позицию при анализе псевдонаучных, псевдонаучных и антинаучных утверждений;  
 называть и давать словесное и схемотехническое описание основных физических экспериментов;  
 называть фамилии учёных физиков, внёсших существенный вклад в развитие физической науки;  
 структурировать физическую информацию, используя научный метод исследования;  
 проводить численные расчёты физических величин при решении физических задач и обработке экспериментальных результатов.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
Общая трудоемкость	1566	1-6
Аудиторные занятия	900	
Лекции	288	
Практические занятия (семинары)	342	
Лабораторные работы	270	
Самостоятельная работа	666	
Курсовые работы/рефераты	X	
Вид итогового контроля: экзамен		экзамен

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1. РАЗДЕЛЫ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Разделы дисциплины	Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы
1	<b>Механика</b>	X	X	X
2	Электродинамика	X	X	X
3	Оптика	X	X	X
4	Квантовая физика	X	X	X
5	Молекулярная физика	X	X	X

## 4.2. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

*Введение.* Человек и окружающий мир. Научный метод и его роль в познании окружающего мира. Предмет и метод физики. Содержание и структура курса общей физики.

### I. МЕХАНИКА

*Введение.* Предмет и методы механики. Краткий исторический обзор развития механики.

*Кинематика материальной точки* Движение, относительность движения. Пространство и время. Система отсчета. Материальная точка, радиус-вектор, векторы перемещения, скорости, ускорения. Закон движения, траектория и пройденный путь. Преобразования Галилея.

Равномерное и равноускоренное движения. Движение по окружности. Связь линейных и угловых кинематических величин. Векторы угловой скорости и углового ускорения. Колебательное движение. Гармонические колебания. Сложение колебаний одного направления с одинаковыми частотами. Биения. Метод векторных диаграмм. Сложение взаимно-перпендикулярных колебаний.

*Динамика материальной точки.* Инерция. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета. Взаимодействие тел. Масса, импульс, сила. Второй закон Ньютона. Принцип суперпозиции сил. Третий закон Ньютона. Силы в природе. Гравитационная сила. Вес тела. Невесомость. Упругие силы. Силы трения. Принцип относительности Галилея.

Работа силы, мощность, кинетическая энергия. Потенциальные и не потенциальные силы. Потенциальная энергия. Связь между силой и потенциальной энергией. Сохранение полной механической энергии материальной точки в поле потенциальных сил.

Момент импульса материальной точки. Момент силы. Центральные силы. Сохранение момента импульса. Движение материальной точки в поле центральных сил. Законы Кеплера. Первая, вторая и третья космические скорости. Границы применимости механики Ньютона.

*Динамика системы материальных точек, законы сохранения* Система материальных точек. Силы внешние и внутренние. Замкнутая система. Центр масс и его движение. Законы изменения и сохранения импульса и момента импульса системы материальных точек. Реактивное движение. Энергия системы материальных точек. Теорема об изменении энергии системы материальных точек. Закон сохранения механической энергии в консервативной системе. Применение законов сохранения к анализу упругого и неупругого соударений.

*Механика твердого тела.* Поступательное и вращательное движение твердого тела. Модель абсолютно твердого тела. Понятие о степенях свободы и связях. Плоское движение твёрдого тела. Уравнения движения твёрдого тела при плоском движении. Качение тел. Трение качения.

Вращение относительно неподвижной оси. Момент импульса, момент инерции и момент силы относительно оси. Уравнение моментов. Теорема Штейнера. Свободные оси. Мгновенные оси вращения.

Закон изменения и сохранения момента импульса твердого тела.

Кинетическая энергия вращающегося твердого тела.

Понятие о вращении тела вокруг неподвижной точки, гироскоп.

**Условия равновесия твердого тела. Виды равновесия.**

**Механика упругих тел. Виды упругих деформаций. Закон Гука. Модули упругости. Пределы упругости и прочности. Потенциальная энергия упруго деформированного тела.**

**Механика жидкостей и газов. Давление. Распределение давления в покоящихся жидкостях и газах. Закон Паскаля. Сила Архимеда. Условия плавания тел.**

**Идеальная жидкость. Уравнение непрерывности струи. Уравнение движения для идеальной жидкости. Уравнение Бернулли. Формула Торричелли. Реакция вытекающей струи.**

**Вязкая жидкость. Жидкое трение. Ламинарное и турбулентное течения. Движение тел в вязкой жидкости: сила лобового сопротивления и подъёмная сила.**

**Движение в неинерциальных системах отсчета (НИСО). Неинерциальные системы отсчёта. Силы инерции в прямолинейно движущейся и равномерно вращающейся НИСО. Сила инерции Кориолиса. Проявление сил инерции на Земле. Маятник Фуко.**

**Элементы специальной теории относительности (СТО). Постулаты СТО. Системы отсчета в СТО. Синхронизация часов. Относительность одновременности. Преобразования Лоренца и их следствия. Относительность отрезков длины и промежутков времени. Собственное время. Релятивистский закон преобразования скоростей. Релятивистская форма второго закона Ньютона. Связь массы и энергии. Законы сохранения энергии и импульса в СТО.**

**Колебания и волны. Колебания в механике. Упругие и квазиупругие силы. Собственные колебания. Уравнения движения простейших механических колебательных систем без трения. Энергия колебательной системы.**

**Свободные колебания. Уравнение движения колебательных систем с жидким трением. Коэффициент затухания, логарифмический декремент, добротность.**

**Вынужденные колебания. Резонанс. Понятие об автоколебаниях.**

**Продольные и поперечные волны. Волновое уравнение. Плоская гармоническая бегущая волна. Энергия бегущей волны. Поток энергии. Вектор Умова. Интенсивность волны. Стоячая волна. Энергетические соотношения в стоячей волне.**

**Звук. Источники и приемники звука. Голосовой и слуховой аппараты человека. Объективные и субъективные характеристики звука. Эффект Доплера в акустике. Ультразвук и инфразвук.**

**Всемирное тяготение. Закон тяготения Ньютона. Измерение постоянной тяготения. Тяжелая и инертная массы. Принцип эквивалентности.**

**Понятие о поле тяготения. Напряженность и потенциал поля тяготения. Теорема Гаусса для поля тяготения.**

## **II. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА**

**Введение. Краткий исторический обзор развития учения об электричестве и магнетизме.**

**Электростатическое поле в вакууме. Электрический заряд. Дискретность заряда.**

**Элементарный заряд. Закон сохранения заряда. Взаимодействие неподвижных зарядов. Закон Кулона.**

**Электрическое поле. Напряженность электрического поля. Поле неподвижного точечного заряда. Принцип суперпозиции. Поле диполя. Поле**

непрерывно распределенного заряда. Теорема Гаусса в электростатике. Диполь в однородном и неоднородном электростатическом поле.

Работа поля при перемещении заряда. Потенциал электростатического поля и его связь с напряженностью поля. Потенциал поля точечного заряда, системы точечных зарядов. Потенциал непрерывно распределенного заряда.

*Электростатическое поле при наличии проводников.* Заряженные проводники и проводники во внешнем электростатическом поле. Распределение зарядов в проводнике. Эквипотенциальность проводника. Напряженность поля у поверхности проводника. Метод зеркальных изображений. Электростатическая защита.

Емкость уединенного проводника. Конденсаторы. Соединение конденсаторов.

*Электростатическое поле при наличии диэлектриков.* Поляризация диэлектриков. Полярные и неполярные молекулы. Поляризационные заряды. Вектор поляризации. Вектор электрической индукции. Диэлектрическая проницаемость и восприимчивость. Электрическое поле на границе двух диэлектриков. Теорема Гаусса для поля в диэлектрике. Сегнетоэлектрики. Электреты. Пьезоэлектричество.

*Энергия взаимодействия зарядов и энергия электростатического поля.* Энергия взаимодействия точечных зарядов и непрерывно распределенных зарядов. Энергия заряженного проводника и заряженного конденсатора. Энергия и плотность энергии электростатического поля.

*Постоянный электрический ток.* Электрический ток. Закон Ома для участка цепи. Сопротивление проводника. Дифференциальная форма закона Ома. Сторонние силы. Электродвижущая сила. Источники тока.

Закон Ома для участка, содержащего ЭДС, и для замкнутой цепи. Закон Джоуля-Ленца. Дифференциальная форма закона Джоуля-Ленца. Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа.

*Электропроводность твердых тел.* Природа тока в металлах. Опыты Манделъштама и Папалекси, Толмена и Стюарта. Классическая теория электропроводности металлов. Зависимость сопротивления металлов от температуры. Понятие о сверхпроводимости. Проводимость полупроводников.

*Электрический ток в электролитах.* Электрическая диссоциация. Подвижность ионов в электролитах. Законы Фарадея. Определение заряда иона. Гальванические элементы.

*Электрический ток в газах и в вакууме.* Природа тока в газах. Процессы ионизации и рекомбинации. Самостоятельный и несамостоятельный разряды в газе. Виды самостоятельного разряда (тлеющий, дуговой, искровой и коронный).

Термоэлектронная эмиссия. Электронные лампы (диод, триод).

*Постоянное магнитное поле в вакууме.* Действие магнита на движущийся заряд. Сила Лоренца. Магнитное поле. Индукция магнитного поля. Закон Био-Савара-Лапласа. Закон полного тока. Магнитное поле прямого и кругового токов. Магнитное поле длинного соленоида. Магнитный момент витка с током.

Взаимодействие постоянного магнита и тока. Взаимодействие токов. Сила Ампера. Виток с током в однородном и неоднородном магнитных полях.

Движение заряда в постоянных электрическом и магнитном полях. Определение удельного заряда электрона. Эффект Холла.

Относительность электрического и магнитного полей. Релятивистская природа магнитного взаимодействия.

*Магнитное поле в магнетиках.* Парамагнетики и диамагнетики. Намагничивание магнетиков. Токи намагничивания. Вектор намагниченности. Напряженность магнитного поля. Магнитная восприимчивость и магнитная

проницаемость. Закон полного тока в магнетиках. Ферромагнетизм. Магнитный гистерезис. Магнитомеханические явления.

*Электромагнитная индукция.* Опыты Фарадея. Магнитный поток. Закон электромагнитной индукции Фарадея и правило Ленца. Самоиндукция. Взаимная индукция. ЭДС самоиндукции. Индуктивность проводника и взаимная индуктивность. Трансформатор. Работа силы Ампера. Электродвигатель. Электроизмерительные приборы.

Энергия взаимодействия токов. Энергия и плотность энергии магнитного поля.

*Электромагнитное поле.* Магнитоэлектрическая индукция. Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Опыты Роуланда и Эйхенвальда. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах.

*Квазистационарные электрические цепи.* Условия квазистационарности. Переменный ток. Действующие значения напряжения и силы тока. Сопротивление в цепи переменного тока. Скин-эффект. Индуктивность и емкость в цепи переменного тока. Закон Ома для цепи переменного тока. Метод комплексных амплитуд. Работа и мощность переменного тока. Колебательный контур. Собственные колебания. Формула Томсона. Затухающие колебания. Вынужденные колебания. Резонанс токов и напряжений. Электрические автоколебания.

*Электромагнитные волны.* Электромагнитное поле в отсутствие свободных зарядов. Волновое уравнение. Плоские электромагнитные волны. Плотность энергии электромагнитного поля в вакууме. Поток энергии. Вектор Пойнтинга. Понятие об импульсе электромагнитного поля. Опыты Лебедева.

Излучение электромагнитных волн. Опыты Герца. Принципы радиосвязи и радиолокации. Шкала электромагнитных волн.

### III. ОПТИКА

*Введение.* Предмет и методы оптики. Краткий исторический обзор учения о свете. Источники и приемники света.

*Свет как электромагнитная волна.* Поведение света на границе двух сред. Формулы Френеля. Явление Брюстера. Поляризация световых волн. Описание световых волн на временном и спектральном языках. Квазимонохроматический свет. Фотометрия.

*Геометрическая оптика.* Прямолинейность распространения света. Понятие светового луча. Принцип Ферма. Законы отражения и преломления света. Полное отражение. Волоконная оптика. Преломление и отражение света на сферической границе двух сред. Зеркала. Тонкие линзы. Формула линзы. Построение изображений в тонких линзах и сферических зеркалах. Аберрации линз и зеркал и способы их устранения.

*Оптические инструменты.* Лупа. Увеличение лупы. Микроскоп. Увеличение микроскопа. Телескопические системы Кеплера и Галилея. Увеличение телескопа. Проекционные приборы. Глаз как оптическая система.

*Интерференция света.* Явление интерференции. Временная и пространственная когерентность. Методы получения когерентных источников света. Двухлучевые интерференционные схемы. Интерференция в тонких пленках. Многолучевая интерференция. Интерферометры. Интерференционные фильтры. Просветление оптики.

*Дифракция света.* Явление дифракции. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Дифракция Френеля. Дифракция на круглом отверстии, круглом

экране, на краю полубесконечного экрана. Зонная пластинка. Линза как фазовая зонная пластинка.

Дифракции Фраунгофера. Дифракционная решетка. Дисперсия и разрешающая способность дифракционной решётки. Критерий Рэлея. Дифракция рентгеновских лучей на кристаллах. Условие Вульфа-Брегга.

Объяснение прямолинейного распространения света на основе волновой теории. Геометрическая оптика как предельный случай волновой оптики.

Дифракционная природа оптического изображения. Опыты Аббе. Понятие о голографии.

Разрешающая способность глаза, телескопа, микроскопа.

*Поляризация света.* Естественный свет. Линейно поляризованный свет. Поляризаторы и анализаторы. Закон Малюса. Эллиптически поляризованный свет.

Распространение света в анизотропной среде. Двойное лучепреломление. Построение Гюйгенса-Френеля для одноосного кристалла. Пластинки “в четверть волны” и “в полволны”. Анализ поляризованного света. Искусственная анизотропия. Вращение плоскости поляризации

*Дисперсия и поглощение света.* Явление дисперсии света. Нормальная и аномальная дисперсия. Поглощение света веществом. Электронная теория дисперсии и поглощения. Фазовая и групповая скорости света. Рассеяние света. Закон Рэлея. Цвет неба. Цвет тел.

Понятие о нелинейной оптике.

*Релятивистские эффекты в оптике.* Классические опыты по определению скорости света. Экспериментальные основания СТО. Эффект Доплера в оптике. Эффект Вавилова - Черенкова.

#### IV. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

*Введение.* Предмет и методы квантовой физики. Краткий исторический обзор развития квантовых представлений.

*Квантовые свойства излучения.* Фотоэлектрический эффект. Фотоны. Уравнение Эйнштейна. Давление света с квантовой точки зрения. Тормозное рентгеновское излучение. Эффект Комптона. Опыт Боте. Тепловое излучение. Закон Кирхгофа. Абсолютно черное тело. Распределение энергии в спектре излучения абсолютно черного тела. Формулы Рэлея-Джинса и Вина. Закон смещения Вина. Закон Стефана-Больцмана. Формула Планка. Оптические пирометры. Флуктуации светового потока.

Двойственность представлений о свете.

*Волновые свойства микрочастиц.* Дифракция микрочастиц. Волновая функция. Принцип суперпозиции. Волна де-Бройля. Соотношения неопределенностей. Измерение физических величин в квантовой механике. Принцип дополнительности.

Уравнение Шредингера. Стационарные состояния и их свойства. Уравнение Шредингера для стационарных состояний.

Состояния с непрерывным спектром энергии (свободная частица, частица в поле потенциальной ступеньки и потенциального барьера). Туннельный эффект.

Состояния с дискретным спектром энергии. Потенциальный ящик. Линейный гармонический осциллятор. Потенциальная яма конечной глубины. Квантование энергии. Нулевая энергия. Связь энергетического спектра с видом потенциала. Принцип соответствия. Классическая механика как предельный случай квантовой.

Двойственность представлений о веществе. Корпускулярно-волновой дуализм.

*Физика атомов и молекул.* Опыты Резерфорда. Линейчатые спектры атомов. Опыты Франка и Герца. Модель атома водорода Бора-Резерфорда.

Квантование момента импульса. Спин электрона. Магнитный момент электрона. Опыты Штерна и Герлаха. Квантовые числа электрона в атоме водорода. Спектр атома водорода.

Состояние электрона в многоэлектронном атоме. Принцип Паули. Электронные оболочки. Периодическая система элементов Менделеева.

Спектры многоэлектронных атомов. Характеристические рентгеновские спектры. Закон Мозли. Водородоподобные спектры. Спин-орбитальное взаимодействие. Дублеты щелочных металлов.

Природа химической связи. Молекулярные спектры. Комбинационное рассеяние света. Люминесценция. Спонтанное и вынужденное излучения. Лазеры.

Эффект Зеемана. Электронный парамагнитный резонанс.

*Физика атомного ядра.* Естественная радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Экспериментальные методы ядерной физики; счетчики частиц, трековые камеры, фотоэмульсии, масспектрографы, ускорители заряженных частиц.

Состав ядра. Нуклоны. Заряд и массовое число ядра. Энергия связи ядра. Изотопы. Искусственные превращения ядер.  $\alpha$ - и  $\beta$ -распады,  $\gamma$  - излучение. Ядерные реакции. Трансурановые элементы. Оболочечная и капельная модели ядра. Деление ядер. Цепная реакция. Ядерные реакции на тепловых и быстрых нейтронах. Реакция синтеза, проблема управляемого термоядерного синтеза.

*Физика элементарных частиц.* Фундаментальные взаимодействия. Классификация элементарных частиц. Взаимодействие элементарных частиц и законы сохранения. Частицы и античастицы. Барионы и мезоны. Резонансы. Кварковая модель строения адронов. Космические лучи.

Фундаментальные частицы. Частицы участники и частицы переносчики взаимодействий. Обменный характер фундаментальных взаимодействий.

## V. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

*Введение.* Предмет и методы молекулярной физики. Краткий исторический обзор развития молекулярной физики.

*Молекулярно-кинетическая теория (МКТ) вещества.* Экспериментальное обоснование молекулярно-кинетических представлений. Макроскопическая система. Число Авогадро. Моль. Статистическое описание макроскопических систем. Микросостояния и макросостояния. Средние величины и флуктуации. Равновесные и неравновесные состояния; время релаксации. Параметры макроскопической системы, задающие ее равновесное состояние: объём, давление, температура. Измерение температуры. Термометр. Уравнение состояния. Внутренняя энергия макросистемы. Количество теплоты и работа. Теплоёмкость. Энтропия - количественная мера беспорядка в макросистеме. Взаимодействие макросистемы с термостатом. Множитель Больцмана.

*Идеальный газ.* Модель идеального газа. Газовые законы. Основное уравнение МКТ для идеального газа. Уравнение Клапейрона-Менделеева; универсальная газовая постоянная. Газовый термометр.

Распределение Максвелла. Экспериментальная проверка распределения Максвелла. Равномерное распределение энергии хаотического движения молекул газа по степеням свободы.

Теплоёмкость газа. Изопроцессы.

Распределение Больцмана. Барометрическая формула. Экспериментальная проверка распределения Больцмана. Определение постоянной Авогадро.

Функции распределения по энергиям для идеального газа из квантовых частиц. Квантовые статистики.

Фотонный газ. Статистическая теория равновесного излучения. Определение числа степеней свободы для поля излучения в полости. Вывод законов Рэлея - Джинса и Планка. Уравнение состояния для равновесного излучения.

*Основы термодинамики.* Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия как функция состояния. Квазистатические процессы. Количество теплоты и работа как функции процесса. Необратимые и обратимые процессы. Энтропия как функция состояния и ее связь с теплотой для обратимых процессов. Второе начало термодинамики. Тепловая и холодильная машины. К.П.Д. тепловой машины. Цикл Карно. Термодинамическая шкала температур. Третье начало термодинамики. Недостижимость абсолютного нуля.

*Реальные газы и жидкости.* Отступления реальных газов от законов идеального газа. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы реального газа. Критическое состояние. Внутренняя энергия реального газа и его теплоемкость. Эффект Джоуля - Томсона. Сжижение газов и получение низких температур.

Фазовые переходы. Равновесие жидкости и пара. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Испарение и конденсация. Перегретая жидкость и переохлажденный пар. Кипение. Свойства жидкого состояния. Поверхностный слой. Поверхностное натяжение. Смачивание. Формула Лапласа. Капиллярные явления. Осмотическое давление. *Растворы.*

*Явления переноса.* Диффузия и теплопроводность. Вязкость (внутреннее трение). Столкновения молекул. Характеристики соударений; сечение рассеяния, средняя длина свободного пробега молекул. Связь между кинетическими коэффициентами. *Кинетические явления в разреженных газах. Технический вакуум.*

*Элементы газодинамики.* Предмет газодинамики. Связь газодинамики с термодинамикой. Основное уравнение газодинамики. Обтекание тела газом; пограничный слой. Движение со сверхзвуковой скоростью; число Маха. *Ударные волны.*

*Понятие о плазме.* Плазма. Методы получения и основные характеристики плазмы. Экспериментальные методы определения параметров плазмы. Поведение плазмы в электрическом и магнитном полях. Применение плазмы.

*Твердые тела.* Аморфные и кристаллические тела. Квазикристаллы. Кристаллические решетки. Анизотропия свойств кристаллов. Дефекты и дислокации. Механические свойства кристаллов. Тепловое расширение кристаллов. Теплоемкость кристаллической решетки. Закон Дюлонга и Пти. Теории теплоемкости Эйнштейна и Дебая. Теплопроводность диэлектрических кристаллов. Плавление и кристаллизация. Диаграмма равновесия твердой, жидкой и газовой фаз. Тройная точка. Жидкие кристаллы.

Электроны в твердых телах. Зонная теория твердых тел. Уровень Ферми. Теория электропроводности в металлах и полупроводниках. Теплопроводность и теплоемкость металлов. Сверхпроводимость. Сверхтекучесть.

*Самоорганизующиеся системы.* Устойчивые состояния неравновесных систем. Самоорганизация в больших системах. Ячейки Бенара. Реакция Белоусова - Жаботинского. Детерминированный хаос. Эволюция неравновесных систем.

*Заключение.* Современная физическая картина мира.

#### 4.3. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

№ п\п	№ раздела	Наименование лабораторных работ
1	1	Простейшие измерения и их обработка.
2	1	Изучение прямолинейного движения с помощью машины Атвуда.
3	1	Измерение скорости движения пули.
4	1	Сложение гармонических колебаний.
5	1	Измерение момента инерции велосипедного колеса
6	1	Изучение вращательного движения твёрдого тела
7	1	Проверка теоремы Штейнера
8	1	Изучение динамики и кинематики равноускоренного движения твёрдого тела
9	1	Определение ускорения свободного падения с помощью физического маятника
10	1	Изучение свободных колебаний физического маятника
11	1	Измерение частот собственных колебаний струны методом резонанса
12	1	Определение частоты колебаний камертона методом резонанса
13	1	Определение скорости звука в воздухе
14	1	Определение длины волны и скорости звука в твёрдых телах методом резонанса
15	1	Градуировка звукового генератора методом интерференции
16	1	Определение модуля Юнга
17	1	Определение модуля сдвига
18	1	Изучение стационарного течения жидкости по трубе переменного сечения
19	1	Изучение течения вязкой жидкости по цилиндрическим трубам
20	1	Изучение эффекта Доплера в акустике
21	2	Изучение школьного авометра
22	2	Измерение сопротивления при помощи мостика Уитстона
23	2	Изучение электростатического поля
24	2	Изучение закона Ома для цепей постоянного тока
25	2	Измерение электродвижущей силы методом компенсации
26	2	Изучение зависимости мощности источника тока от сопротивления нагрузки
27	2	Изучение электронного осциллографа
28	2	Измерение магнитного поля Земли
29	2	Определение удельного заряда электрона
30	2	Изучение магнитного поля соленоида
31	2	Изучение магнитного гистерезиса
32	2	Изучение свойств ферромагнетиков осциллографическим методом
33	2	Изучение тока в вакууме и разреженном газе
34	2	Изучение трёхэлектродной лампы
35	2	Изучение процессов заряда и разряда конденсатора
36	2	Изучение затухающих электромагнитных колебаний
37	2	Изучение резонанса напряжений и токов на технической частоте
38	2	Изучение резонанса напряжений и токов с помощью звукового

		генератора и электронного осциллографа
39	2	Изучение закона Ома для цепей переменного тока
40	2	Измерение мощности, выделяемой в цепях переменного тока и сдвига фаз между силой тока и напряжением
41	3	Исследование электромагнитных волн в двухпроводной линии
42	3	Изучение оптических систем
43	3	Интерференция и дифракция электромагнитных волн
44	3	Кольца Ньютона
45	3	Исследование временной когерентности излучения
46	3	Опыт Юнга
47	3	Интерференция лазерного излучения
48	3	Определение длины световой волны с помощью билинзы и бипризмы
49	3	Дифракция Френеля и Фраунгофера
50	3	Дифракция лазерного излучения
51	3	Дифракция света на одной, двух и нескольких щелях
52	3	Дифракционная решётка
53	3	Разрешающая способность глаза и телескопа
54	3	Пространственная фильтрация
55	3	Определение фокусных расстояний тонких линз
56	3	Исследование аберраций линз
57	3	Изучение микроскопа
58	3	Объективные и субъективные методы фотометрирования
59	3	Линейно поляризованный свет
60	3	Определение коэффициента фотоупругости вещества
61	3	Изучение дисперсии света с помощью стеклянной призмы
62	3	Исследование отражения и преломления света на границе раздела двух сред
63	3	Формирование изображения и дифракция
64	4	Исследование фотоэлемента
65	4	Определение постоянной Планка методом задерживающего потенциала
66	4	Изучение законов теплового излучения
67	4	Исследование спектра излучения гелия, неона и гелий - неоновый лазер
68	4	Изучение спектров испускания и поглощения
69	4	Соотношение неопределенностей для фотонов
70	4	Спин - орбитальное взаимодействие и тонкая структура спектров излучения
71	4	Изучение треков $\pi$ - мезонов при пион - мюонном распаде
72	4	Изучение поглощения $\gamma$ - излучения в веществе
73	4	Изучение закона радиоактивного распада
74	5	Экспериментальное исследование распределения термоэлектронов по скоростям
75	5	Определение объема броуновских частиц методом наблюдения их распределения в поле тяжести
76	5	Изучение броуновского движения
77	5	Экспериментальное изучение дробовых шумов
78	5	Определение удельной теплоёмкости воды
79	5	Определение удельной теплоёмкости твёрдых тел
80	5	Определение отношения теплоёмкостей воздуха методом

		адиабатического расширения
81	5	Измерение отношения $C_p/C_v$ для жидкости методом дифракции света на ультразвуковой решётке
82	5	Исследование изменения энтропии в неизолированной системе
83	5	Изучение зависимости температуры кипения воды от внешнего давления
84	5	Определение молярной теплоты испарения воды при атмосферном давлении
85	5	Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости
86	5	Определение коэффициента внутреннего трения воздуха
87	5	Определение коэффициента диффузии газа
88	5	Определение коэффициента теплопроводности воздуха
89	5	Изучение эффекта Холла в полупроводниках
90	5	Исследование температурной зависимости электропроводности металлов и полупроводников
91	5	Изучение явления фотопроводимости в полупроводниках
92	5	Изучение испускания света полупроводниками

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

#### **МЕХАНИКА**

##### **ОСНОВНАЯ:**

1. Е.М. Гершензон, Н.Н. Малов, А.Н. Мансуров. Курс общей физики. Механика. М., Академия, 2001.
2. Д.В. Сивухин. Общий курс физики, т.1, Механика. М., Наука, 1989.
3. И.В. Савельев. Курс общей физики, т. 1, М., Высшая школа, 1989.

##### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ:**

1. А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. Курс физики. М. Высшая школа, 1989.
2. С.Э. Хайкин. Физические основы механики. М., Наука, 1979.
3. И. Киттель, У. Найт, М. Рудерман. Берклевский курс физики. Механика. М., Наука, 1983.
4. Р.Фейнман, Р. Лейтон, М.Сэндс. Фейнмановские лекции по физике, т.1,2. М., Мир, 1978.
5. А.Н. Матвеев. Механика и теория относительности. М. Высшая школа, 1986.

#### **ЭЛЕКТРОДИНАМИКА**

##### **ОСНОВНАЯ:**

1. Е.М. Гершензон, Н.Н. Малов, А.Н. Мансуров. Курс общей физики. Электродинамика. – М., Академия, 2001.
2. Д.В. Сивухин. Общий курс физики, т.3, М., Высшая школа, 1996.
3. С.Г. Калашников. Электричество. М., Наука. 1985.

##### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ:**

1. А.Н. Матвеев. Электричество и магнетизм. М., Высшая школа, 1983.

2. И.В. Савельев. Курс общей физики, т.2, Электричество и магнетизм. М., Высшая школа, 1999.
3. А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. Курс физики. М. Высшая школа, 1989.
4. Э. Парселл. Берклевский курс физики. Электричество и магнетизм. М., 1983.
5. Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. Фейнмановские лекции по физике, т. 5,6. М., Мир, 1978.

## ОПТИКА

### *ОСНОВНАЯ:*

1. Е.М. Гершензон, Н.Н. Малов, А.Н. Мансуров. Курс общей физики. Оптика и атомная физика. М. Академия, 2000.
2. Г.С. Ландсберг. Оптика. М., Наука, 1976.
3. Е.И. Бутиков. Оптика. М. Высшая школа. 1986.
4. Д.В. Сивухин. Общий курс физики, т.4, М., Высшая школа. 1996.

### *ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ:*

1. А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. Курс физики. М. Высшая школа, 1989.
2. И.В. Савельев. Курс общей физики. М., Наука, т. 2, 1999.
3. Ф. Крауфорд. Берклевский курс физики. Волны. М., 1984.
4. Дж. Орир. Физика. т.2. М., Мир, 1981.

## КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

### *ОСНОВНАЯ:*

1. Е.М. Гершензон, Н.Н. Малов, А.Н. Мансуров. Курс общей физики. Оптика и атомная физика. М., Академия, 2000.
2. Д.В. Сивухин. Общий курс физики. М., Высшая школа, т.5,ч.1.1986. ч.2, 1989.
3. И.В. Савельев. Курс общей физики. М., Наука, т. 3, 1999.
4. А.Н. Матвеев. Атомная физика. М., Высшая школа, 1989.

### *ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ:*

1. А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. Курс физики. М. Высшая школа, 1989.
2. Э. Вихман. Берклевский курс физики. Квантовая физика. М., 1986.
3. Л.Л. Гольдин, Г.Н. Новикова, Введение в квантовую физику. М. Наука, 1988.
4. А.Д. Суханов. Лекции по квантовой физике. М., Высшая школа, 1991.
5. Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. Фейнмановские лекции по физике. т. 8,9. М., Мир, 1978.

## МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

### *ОСНОВНАЯ:*

1. Е.М. Гершензон, Н.Н. Малов, А.Н. Мансуров. Курс общей физики. Молекулярная физика. М., Академия, 1999.
2. Д.В. Сивухин. Общий курс физики, т.2. М., Высшая школа. 1990.
3. А.Н. Матвеев. Молекулярная физика. М., Высшая школа, 1987.

### *ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ:*

1. И. П. Базаров. Термодинамика. М., Высшая школа, 1991.
2. А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. Курс физики. М. Высшая школа, 1989.
3. Ф. Рейф. Берклевский курс физики. Статистическая физика. М., 1989.

4. И.В. Савельев. Курс общей физики, т. 1. М., Наука, 1999.

#### СБОРНИКИ ЗАДАЧ ПО КУРСУ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ:

1. И.Е. Иродов. Задачи по общей физике. М., Наука. 1998.
2. Г.Н. Гольцман, Э.Н. Гусинский, Н.Г. Птицина, Н.В. Соина, С.Р. Филонович. Сборник вопросов и задач по общей физике. М., Академия, 1999.

#### СПРАВОЧНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Физический энциклопедический словарь. М., Советская энциклопедия, 1983.
2. Б. М. Яворский, А.А. Детлаф. Справочник по физике. М., Наука, 1985.
3. В.Е. Кузьмичёв. Законы и формулы физики. Киев, Наукова думка, 1989.

### 5.2. СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Для обеспечения освоения данной дисциплины необходимы:

- учебные и методические пособия;
- учебники, программы;
- пособия для самостоятельной работы;
- сборники упражнений.

### 6. МАТЕРИАЛЬНО–ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Преподавание дисциплины осуществляется в специально оборудованных кабинетах и учебных лабораториях. Чтение лекций проводится в лекционной аудитории оборудованной проекционной, телевизионной, осветительной, компьютерной техникой, имеющей кафедру, приспособленную для проведения лекционного эксперимента. Подготовка демонстраций осуществляется в демонстрационном кабинете, где кроме необходимого учебного оборудования, должна быть мастерская для изготовления простейших приспособлений и ремонта оборудования. Лабораторный практикум проводится в специализированных учебных лабораториях по механике, электродинамике, оптике, квантовой физике, молекулярной физике, оборудованных с учётом гигиенических, эргономических, методических, противопожарных требований и требований техники безопасности. Семинарские занятия проводятся в кабинетах, оснащённых проекционными, экранными и видео - компьютерными средствами обучения. Примерный перечень лекционных демонстраций по курсу общей физики приводится ниже.

№ п/п	№ раздела	Наименование лекционной демонстрации
1	1	Система отсчёта
2	1	Поступательное, вращательное, колебательное движения
3	1	Поступательное и вращательное движение твёрдого тела
4	1	Относительность траектории движения тела
5	1	Независимость движений
6	1	Равноускоренное движение (жёлоб Галилея)
7	1	Движение по инерции
8	1	Инертность тел
9	1	Векторное сложение сил

10	1	Второй закон Ньютона
11	1	Обмен механическим импульсом между телами
12	1	Отдача пушки при выстреле
13	1	Третий закон Ньютона
14	1	Потенциальная энергия деформации
15	1	Закон сохранения механической энергии
16	1	Преобразование механической энергии во внутреннюю энергию
17	1	Неупругое соударение
18	1	Упругое соударение
19	1	Отражение при ударе
20	1	Сухое трение
21	1	Жидкое трение
22	1	Реакция струи
23	1	Сегнерово колесо
24	1	Маятник Обербека
25	1	Закон сохранения момента импульса
26	1	Скамья Жуковского
27	1	Равновесие тел
28	1	Гироскопы
29	1	Сила Кориолиса
30	1	Модель маятника Фуко
31	1	Виды деформации твёрдого тела
32	1	Затухающие механические колебания
33	1	Биения
34	1	Сложение взаимно перпендикулярных колебаний
35	1	Механический резонанс
36	1	Анкерный механизм
37	1	Связанные маятники
38	1	Волны на поверхности воды
39	1	Звуковой резонанс
40	1	Эффект Доплера
41	1	Ультразвуковой фонтан
42	1	Закон Паскаля
43	1	Закон Архимеда
44	1	Ламинарное и турбулентное течение жидкости
45	1	Трубка Вентури
46	1	Обтекание тел
47	1	Эффект Магнуса
48	2	Электризация
49	2	Два вида электрических зарядов
50	2	Сохранение электрического заряда при электризации
51	2	Модель весов Кулона
52	2	Электростатическое поле в масле
53	2	Модель опыта Милликена
54	2	Распределение зарядов на поверхности проводника
55	2	Потенциал шара. Эквипотенциальная поверхность
56	2	Электризация через влияние
57	2	Соединения конденсаторов
58	2	Диполь в электрическом поле

59	2	Диэлектрики в постоянном электрическом поле
60	2	Закон Ома для участка цепи
61	2	Закон Ома для неоднородного участка цепи
62	2	Параллельное и последовательное соединение резисторов
63	2	Шунт
64	2	Добавочное сопротивление
65	2	Мощность в цепи постоянного тока
66	2	Закон Джоуля- Ленца
67	2	Опыт Эрстеда
68	2	Магнитное поле проводника с током
69	2	Взаимодействие токов
70	2	Взаимодействие катушек с током
71	2	Эффект Холла
72	2	Опыты Фарадея
73	2	Правило Ленца
74	2	Самоиндукция
75	2	Рамка в магнитном поле Земли
76	2	Опыт Араго
77	2	Действующее значение переменного тока
78	2	Мощность в цепи переменного тока
79	2	Фазовые соотношения в цепи переменного тока
80	2	Вынужденные электрические колебания в цепи переменного тока
81	2	Вынужденные колебания в параллельном контуре
82	2	Затухающие электрические колебания
83	2	Электрические автоколебания
84	2	Магнитоэлектрическая индукция
85	2	Свойства электромагнитных волн
86	2	Принцип радиосвязи
87	2	Диа- и парамагнетики в магнитном поле
88	2	Ферромагнетики
89	3	Прямолинейное распространение света
90	3	Преломление и отражение света на границе двух сред
91	3	Полное отражение
92	3	Световоды
93	3	Зеркала
94	3	Тонкие линзы
95	3	Недостатки линз
96	3	Труба Кеплера
97	3	Труба Галилея
98	3	Опыт Поля
99	3	Опыт Юнга
100	3	Кольца Ньютона
101	3	Интерференция света в тонких плёнках
102	3	Интерферометр Жамена
103	3	Интерферометр Майкельсона
104	3	Зонная пластинка
105	3	Дифракция света
106	3	Дифракционная решётка

107	3	Пространственная фильтрация
108	3	Поляризация света
109	3	Двойное лучепреломление
110	3	Искусственная анизотропия
111	3	Вращение плоскости поляризации
112	3	Рассеяние света в мутной среде
113	3	Дисперсия света
114	4	Фотоэлектрический эффект
115	4	Тепловое излучение
116	4	Пирометр с исчезающей нитью
117	4	Линейчатые спектры
118	4	Спектр поглощения
119	4	Сплошной спектр
120	4	Люминесценция
121	4	ИК - излучение
122	4	Ультрафиолетовое излучение
123	4	Модель опыта Резерфорда
124	4	Опыт Франка и Герца
125	4	Модель опыта Штерна - Герлаха
126	4	Счётчик Гейгера
127	4	Камера Вильсона
128	4	Опыт Боте
129	5	Модель хаотического движения молекул
130	5	Модель броуновского движения
131	5	Газовые законы
132	5	Модель опыта Штерна
133	5	Модель распределения Больцмана
134	5	Тепловые шумы
135	5	Адиабатное сжатие
136	5	Адиабатное расширение
137	5	Модель тепловой машины
138	5	Критическое состояние вещества
139	5	Кипение воды при пониженном давлении
140	5	Перегретая жидкость
141	5	Изменение свойств веществ при низких температурах
142	5	Поверхностное натяжение
143	5	Лапласовское давление
144	5	Осмотическое давление
145	5	Жидкое трение в газах
146	5	Теплопроводность газов
147	5	Диффузия газов
148	5	Диффузия жидкостей
149	5	Зависимость коэффициента вязкости от температуры
150	5	Монокристаллы
151	5	Модель кристаллических решёток
152	5	Анизотропия кристаллов
153	5	Фазовые переходы вещества
154	5	Возгонка йода
155	5	Теплопроводность металлов
156	5	Ячейки Бенара

## **7. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1. ПЕРЕЧЕНЬ ПРИМЕРНЫХ КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ И ЗАДАНИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

1. Ультразвук и инфразвук.
2. Электростатическая защита.
3. Сегнетоэлектрики.
4. Электреты.
5. Пьезоэлектричество.
6. Электронные лампы (диод, триод).
7. Аберрации линз и зеркал и способы их устранения.
8. Анализ поляризованного света
9. Растворы.
10. Кинетические явления в разреженных газах.
11. Технический вакуум.
12. Ударные волны.

### **7.2. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА РЕФЕРАТОВ, КУРСОВЫХ РАБОТ**

1. Представления о пространстве и времени в механике.
2. Опыты по наблюдению магнитоэлектрической индукции.
3. Наблюдение явлений интерференции и дифракции белого света с помощью видеотехники.
4. Проблема измерения в квантовой механике.
5. Возникновение порядка из хаоса.
6. Применение лазеров в демонстрационном эксперименте.
7. Эффекты Джозефсона.
8. Явление сверхпроводимости.
9. Применение жидких кристаллов.
10. Экспериментальные задачи по физике.
11. Применение метода оценки физических величин для анализа физических явлений.
12. Парадоксы теории относительности.
13. Фундаментальные взаимодействия.
14. Современная микроскопия.
15. Физика лазеров.
16. Голография.
17. Современные проблемы атомной физики.
18. Измерение времени.
19. Интерферометры.
20. Энтропия и информация.
21. Занимательные физические опыты.
22. Методы визуализации невидимых изображений.
23. Симметрия в физике.
24. Причинность в физике.
25. Четырёхмерный мир Минковского.

### **7.3. ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ**

**Составляется преподавателем на основе примерной программы дисциплины «Общая и экспериментальная физика».**

#### 7.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Целью дисциплины является усвоение студентами научных знаний по основным разделам физики, овладение элементарными навыками в проведении физических экспериментов, теоретическими и экспериментальными методами решения физических задач, формирование современной физической картины мира как части естественнонаучной картины мира, выработка у студентов навыков самостоятельной учебной деятельности, развитие у них познавательной потребности.

Обучение физике осуществляется в форме лекций, практических и семинарских занятий, физического практикума, внеаудиторной самостоятельной работы. Дисциплина рассчитана на шесть семестров. Изучение общей и экспериментальной физики начинается с первого семестра обучения, с изучения пропедевтического раздела кинематики и динамики материальной точки в форме семинарских занятий. Это позволяет разгрузить первый семестр, что способствует адаптации первокурсников к высшему учебному заведению и позволяет эффективнее использовать математическую подготовку студентов в дальнейшем при изучении физики. Каждый последующий семестр посвящён одному из разделов физики, изучение которого сопровождается выполнением 10 -11 лабораторных работ в физическом практикуме. На втором курсе выполняется курсовая работа. Изучение каждого раздела контролируется в течение семестра и заканчивается сдачей зачёта и экзаменом. Настоящей программой предусматривается следующий порядок изучения разделов по семестрам: механика, электродинамика, оптика, квантовая физика, молекулярная физика.

Такой порядок расположения учебного материала обладает рядом преимуществ. Изучение “Электродинамики” вслед за “Механикой” облегчается тем, что последняя заканчивается изучением темы “Всемирное тяготение”, в которой рассматриваются общие для потенциальных полей вопросы, поэтому введённые здесь понятия сразу используются при изучении электростатического поля.

“Электродинамика” в свою очередь заканчивается изучением уравнений Максвелла и электромагнитных волн, что позволяет начинать “Оптику” с изучения вопросов физической оптики, основанных на волновых представлениях. “Квантовая физика” начинается с рассмотрения особенностей равновесного излучения и других оптических явлений, приводящих к корпускулярным воззрениям на природу света и развитию идеи корпускулярно - волнового дуализма. К изучению “Молекулярной физики” студенты приступают, уже в полной мере освоившись с представлениями о частицах, полях, волновых и квантовых явлениях, то есть вполне подготовленными к изучению статистических закономерностей и других вопросов современной физики.

По желанию кафедры, обеспечивающей преподавание курса общей физики, порядок изложения как отдельных разделов дисциплины, так и ее отдельных тем может быть изменён. Так, например, “Молекулярная физика” может читаться сразу после “Механики”, но при этом темы связанные с квантовыми явлениями в твёрдых телах, квантовые статистики, сверхпроводимость должны изучаться после “Квантовой физики”.

Однако, при любой последовательности изложения, дисциплина «Общая и экспериментальная физика» должна обеспечивать базовое образование по физике, позволяющее при последующем обучении в вузе усвоить основы физики как науки, сформировать целостную физическую картину мира, что

обеспечивается, помимо курса общей физики, такими учебными дисциплинами как: основы теоретической физики, астрономия, электротехника, радиотехника, история физики, физическая картина мира, спецкурсами по физике.

Успешное изучение дисциплины «Общая и экспериментальная физика» предполагает выполнение определённых условий. Наиболее важными из них являются следующие:

изучение дисциплины должно обеспечиваться необходимой математической поддержкой;

лекции должны сопровождаться хорошо поставленными лекционными демонстрациями, которые могли бы служить для студентов образцом в их будущей профессиональной деятельности;

экспериментальные навыки должны формироваться при выполнении физического практикума и решении определённого числа экспериментальных задач;

закрепление теоретического материала должно проводиться в процессе решения теоретических учебных задач и обсуждения программного материала на семинарах;

для повышения степени усвоения учебного материала необходимо широко использовать современную видео - компьютерную и проекционную технику, математическое моделирование, автоматизацию учебного эксперимента и расчётов.

необходимо обеспечение студентов учебной литературой и методиками, повышающими эффективность усвоения учебного материала;

при изучении курса общей физики используется международная система единиц СИ;

в течение каждого семестра изучения курса проводятся 3-4 контрольные работы для осуществления текущего контроля за усвоением учебного материала студентами.

Программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по специальности 032200 Физика.

Программу составили:

Гершензон Е.М. доктор физико-математических наук, профессор, МПГУ

Мансуров А.Н. доктор физико-математических наук, профессор, МПГУ

Соина Н.В. кандидат физико-математических наук, профессор, МПГУ

Программа одобрена на заседании учебно-методического совета по физике УМО по специальностям педагогического образования от 19.09.2000 г., протокол № 1.

Председатель Совета УМО  
по специальностям  
педагогического образования,  
ректор МПГУ, член-корр. РАН,  
академик РАО

В.Л. Матросов

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Красноярский государственный педагогический университет  
им. В.П. Астафьева  
Кафедра общей физики

# **Молекулярная физика**

## **Рабочая программа учебной дисциплины**

**для студентов основной образовательной программы бакалавриата  
440305 – “Педагогическое образование”, профили “Физика и  
Технология“**

---

(наименование, шифр)  
**по очной форме обучения**

Красноярск 2015

Составители:

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей физики В.А. Орлов

доктор физико-математических наук, профессор кафедры общей физики А.А. Иванов

Рецензенты:

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры теоретической физики И.Н. Орлова

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математических методов физики А.Г. Черных

Об3 Орлов В.А., Иванов А.А., Рабочая программа учебной дисциплины «Молекулярная физика и термодинамика» для студентов и преподавателей профиля физика и информатика КГПУ. - Красноярск: РИО КГПУ, 2015. - 54 с.

© Красноярский государственный педагогический университет, 2015  
© Орлов В.А., Иванов А.А.

# Введение

Программа дисциплины «Молекулярная физика» отражает структуру учебного курса в составе общего курса физики для подготовки бакалавров в соответствии со стандартом «педагогическое образование» (440305)

Программа составлена на основе следующих документов:

4. «Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования» направление 440305.
5. «Стандарт учебно-методического комплекса дисциплины в КГПУ им. В.П. Астафьева», Красноярск 2011г.

Выписки из стандартов, согласно которым построена структура дисциплины:

## **IV. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БАКАЛАВРОВ**

**4.1.** Область профессиональной деятельности бакалавров включает образование, социальную сферу, культуру.

**4.2.** Объектами профессиональной деятельности бакалавров являются обучение, воспитание, развитие, образовательные системы.

**4.3.** Бакалавр по направлению подготовки **050100 Педагогическое образование** готовится к следующим видам профессиональной деятельности:

педагогическая;

культурно-просветительская;

научно-исследовательская.

*в области научно-исследовательской деятельности:*

сбор, анализ, систематизация и использование информации по актуальным проблемам науки и образования;

разработка современных педагогических технологий с учетом особенностей образовательного процесса, задач воспитания, обучения и развития личности;

проведение экспериментов по использованию новых форм учебной и воспитательной деятельности, анализ результатов.

## **V. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ БАКАЛАВРИАТА**

**5.1. Выпускник должен обладать следующими общекультурными компетенциями (ОК):**

способностью использовать знания о современной естественнонаучной картине мира в образовательной и профессиональной деятельности, применять методы математической обработки информации, теоретического и экспериментального исследования (ОК-4);

**5.2. Выпускник должен обладать следующими профессиональными компетенциями (ПК):**

способностью использовать систематизированные теоретические и практические знания гуманитарных, социальных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач (ОПК-2);

способностью к подготовке и редактированию текстов профессионального и социально значимого содержания (ОПК-5);

в области научно-исследовательской деятельности:

готовностью использовать систематизированные теоретические и практические знания для определения и решения исследовательских задач в области образования (ПК-11);

способностью разрабатывать современные педагогические технологии с учетом особенностей образовательного процесса, задач воспитания и развития личности (ПК-12);

способностью использовать в учебно-воспитательной деятельности основные методы научного исследования (ПК-13).

**7.4.** В учебной программе каждой дисциплины (модуля) должны быть четко сформулированы конечные результаты обучения в органичной увязке с осваиваемыми знаниями, умениями и приобретаемыми компетенциями в целом по ООП.

Общая трудоемкость дисциплины не может быть менее двух зачетных единиц (за исключением дисциплин по выбору обучающихся). По дисциплинам, трудоемкость которых составляет более трех зачетных единиц должна выставляться оценка («отлично», «хорошо», «удовлетворительно»).

**7.6.** Максимальный объем учебной нагрузки обучающихся не может составлять более 54 академических часов в неделю, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы по освоению ООП и факультативных дисциплин, устанавливаемых вузом дополнительно к ООП и необязательными для изучения обучающимися.

Объем факультативных дисциплин не должен превышать 10 зачетных единиц за весь период обучения.

**7.7.** Максимальный объем аудиторных учебных занятий в неделю при освоении ООП при очной форме обучения составляет 27 академических часов, с учетом специфики направления подготовки. В указанный объем не входят обязательные аудиторные занятия по физической культуре.

Данная учебная дисциплина является завершающим разделом курса общей физики в педагогическом университете. С одной стороны в рамках этого раздела подводится некий итог изучения общего курса, с другой – проводится знакомство с новыми, пока непривычными, физическими понятиями и явлениями (элементы квантовой и статистической физики). В соответствии с этим определяются цели изучения молекулярной физики. Дисциплина изучается в течении двух семестров. Перед изучением курса молекулярной физики студентами пройдены все разделы общего курса, оперирующие классическими законами: механика, электричество, оптика. После изучения курса молекулярной физики студенты продолжают детально изучать квантово-механический подход к описанию явлений в микромире: квантовая физика, физика твердого тела, статистическая физика.

Одним из главных составляющих курса является модуль «Вероятностный подход в описании макросистем». В этой части курса раскрывается статистический смысл энтропии, формируется понятие необратимости у студентов. Изучение данного раздела требует некоторой математической подготовки в области теории вероятности. Минимальные сведения по теории вероятностей включены в состав соответствующих учебных элементов.

Большое внимание уделяется обсуждению физических явлений, управляемых законами молекулярной физики. Одним из источников экспериментальных данных является демонстрационный эксперимент, который занимает немаловажное место в курсе. Многие демонстрационные эффекты легли в основу задач для практических и лабораторных занятий.

Особенностью курса по сравнению со стандартными курсами молекулярной физики является роль, которую играют физические задачи, в том числе и экспериментальные. Им уделяется гораздо больше внимания, чем это обычно принято. По сути, курс почти полностью мог бы быть усвоен только путем решения предлагаемых задач в учебном пособии, созданном специально для данной программы [1,2].

Вкратце, требования к знаниям студентов после изучения курса молекулярной физики состоят в следующем. Студент должен знать перечень и формулировки основных законов молекулярной физики. Он должен уметь применять их для качественного анализа физических явлений. В ряде отобранных физических ситуаций студент должен уметь проводить не только качественный, но и количественный анализ. Экзаменационные билеты к курсу, поэтому, составлены как подборки качественных задач (см. список вопросов экзаменационных заданий).

В качестве учебников мы рекомендуем не только издания хорошо известные, признанные и являющиеся эталонами, но и собственные методические разработки: сборники задач, лабораторные работы, экспериментальные задачи...

Модульный подход к учебному курсу

**обеспечивает обязательность** проработки основного материала главных модулей программы,

**раскрывает четкую и прозрачную структуру** учебного материала и требований к итоговой аттестации студентов,

**предусматривает некоторую вариативность** в выборе содержания и глубины проработки материалов, вынесенных на индивидуальную и самостоятельную работу студентов,

**регулирует и расставляет акценты** в работе преподавателя в части индивидуальной работы и управления самостоятельной работой студентов.

Как и большинство курсов по естественнонаучным дисциплинам, курс «Молекулярная физика» в основе своей содержит идеологию деятельностного подхода в подготовке компетентных учительских кадров.

# **I. Цели и задачи изучения курса «Молекулярная физика»**

Учебная программа и лабораторное обеспечение были созданы силами кафедры общей и теоретической физики КГПУ. Автором содержания является профессор Иванов А.А. В разработке и создании лабораторного парка курса принимали активное участие Круглов В.Б., Смирнов С.И., Орлов В.А.

Программа полностью удовлетворяет требования государственных стандартов по соответствующим физическим специальностям (см. Введение). Программа предназначена для подготовки кадров по специальностям «учитель физики» и «бакалавр физического образования» .

Учебный курс призван:

- 26.обеспечить свой вклад в структуру компетентности учителя физики,
- 27.ввести слушателей в круг научных проблем, решаемых разделами физики «Термодинамика» и «Статистическая физика»,
- 28.обеспечить знания экспериментальных средств и усвоение законов молекулярной физики и термодинамики, на уровне, необходимом для успешной трудовой деятельности специалистов в общеобразовательной школе и профильной школе с углубленным изучением физики,
- 29.развить практические навыки обращения с экспериментальными установками и измерительными приборами узкоспециального и общего назначения,
- 30.развить умения решения творческих задач по изучаемому разделу, умения эффективного использования законов и методов в решении практических и теоретических задач.

В целом: вооружить будущего современного, прогрессивного учителя физики необходимыми знаниями (их структурирование), умениями, навыками для успешного выполнения профессиональных задач и дальнейшего собственного непрерывного самосовершенствования.

Задачами при реализации данной программы являются:

4. овладение знаниями:
  5. теоретических основ науки, терминологии, истории становления,
  6. методов экспериментальных и теоретических исследований,
  7. предмета и объекта исследований данной науки,
  8. экспериментальных средств
9. овладение навыками:
  10. решения расчетных и экспериментальных задач,
  11. обращения с экспериментальными установками и отдельными измерительными приборами,
  12. работы с современными цифровыми лабораториями,
  13. работы с учебной и научной литературой,
14. овладение умениями:
  15. решения творческих и нестандартных задач,
  16. проектировать эксперимент.

Содержание модульной программы «Молекулярная физика» включает в себя следующие структурные единицы:

5. **Модуль 1.** «Молекулярно-кинетическая теория и элементы термодинамики»:
  6. Учебный элемент 1.1 «Молекулы. Тепловое равновесие»,
  7. Учебный элемент 1.2 «Идеальный газ. Первое начало термодинамики»,
8. **Модуль 2.** «Вероятностный подход в описании макросистем»:
  9. Учебный элемент 2.1 «Второе начало термодинамики»,
  10. Учебный элемент 2.2 «Вероятные и невероятные состояния»,

11. **Модуль 3.** «Агрегатные состояния»:

12. Учебный элемент 3.1 «Газы»,

13. Учебный элемент 3.2 «Жидкости»,

14. Учебный элемент 3.3 «Твердые тела»,

15. **Модуль 4.** «Элементы статистического описания систем»:

16. Учебный элемент 4.1 «Методы статистической механики в молекулярно-кинетической теории»

17. Выходной элемент. Экзамен.

## II. Объем дисциплины и виды деятельности

Учебный курс рассчитан на один семестр

Виды деятельности	Кол. часов
<b>Аудиторные занятия</b>	116
Лекции	46
Лабораторные работы	70
экзамены	36
Зачеты	36
<b>Внеаудиторная работа</b>	64
Управление самостоятельной работой студентов	64
Итого	216

## III. Содержание учебного курса

### Тематический план

№	Наименование модуля	Аудиторные					Индивидуальная и самостоятельная работа	Всего
		Лекции	Лабораторные	Экзамены	Зачет	Всего		
1	<b>Модуль 1.</b> «Молекулярно-кинетическая теория и элементы термодинамики»							56
	Учебный элемент 1.1 «Молекулы. Тепловое равновесие»	6	14			20	8	28
	Учебный элемент 1.2 «Идеальный газ. Первое начало термодинамики»	6	14			20	8	28
2	<b>Модуль 2</b> «Вероятностный подход в описании макросистем»							32
	Учебный элемент 2.1 «Второе начало термодинамики»	6	4			10	8	18
	Учебный элемент 2.2 «Вероятные и невероятные состояния»	6				6	8	14
3	<b>Модуль 3.</b> «Агрегатные состояния»							78
	Учебный элемент 3.1 «Газы»	6	12			18	8	26
	Учебный элемент 3.2 «Жидкости»	4	12			16	8	24
	Учебный элемент 3.3 «Твердые тела»	6	14			20	8	28
4	<b>Модуль 4.</b> «Элементы статистического описания систем»							14
	Учебный элемент 4.1 «Методы статистической механики в молекулярно-кинетической теории»	6				6	8	14
	Итого	46	70	36	36	116	64	216

# Содержание модулей

## **Модуль 1.** «Молекулярно-кинетическая теория и элементы термодинамики»

### ***Учебный элемент 1.1*** «Молекулы. Тепловое равновесие»

Содержание учебного элемента:

13. атомы, молекулы, закон Авогадро,
14. основы молекулярно-кинетической теории,
15. экспериментальные средства молекулярной физики,
16. движение и взаимодействие молекул,
17. виды теплового равновесия.

### ***Учебный элемент 1.2*** «Идеальный газ. Первое начало термодинамики»

Содержание учебного элемента:

18. уравнение состояния идеального газа (классический и квантовый подход),
19. молекулярные потоки, явления переноса,
20. понятия внутренней энергии, работы, количества теплоты,
21. первое начало термодинамики,
22. адиабатический процесс,
23. тепловые машины, циклы, КПД.

## **Модуль 2** «Вероятностный подход в описании макросистем»

### ***Учебный элемент 2.1*** «Второе начало термодинамики»

Содержание учебного элемента:

24. обратимые и необратимые тепловые машины,
25. энтропия, второе начало термодинамики,
26. теорема Карно,
27. энтропия и виды хаоса,

### ***Учебный элемент 2.2*** «Вероятные и невероятные состояния»

Содержание учебного элемента:

28. понятие вероятности, вероятность термодинамического состояния,
29. дискретные и непрерывные случайные величины,
30. центральная предельная теорема,
31. связь вероятности и энтропии,
32. распределение Больцмана, барометрическая формула.

### **Модуль 3. «Агрегатные состояния»**

#### ***Учебный элемент 3.1 «Газы»***

Содержание учебного элемента:

33. эффект Джоуля-Томсона,
34. уравнение состояния реального газа,
35. изотермы Ван-дер-Ваальса,
36. насыщенный пар.

#### ***Учебный элемент 3.2 «Жидкости»***

Содержание учебного элемента

37. фазовый переход «газ-жидкость»,
38. критическая температура,
39. диаграммы состояния,
40. уравнение Клапейрона-Клаузиуса,
41. понятия влажности, конвективная устойчивость атмосферы,
42. свойства поверхности жидкостей (капиллярные явления, поверхностное натяжение),

#### ***Учебный элемент 3.3 «Твердые тела»***

Содержание учебного элемента:

43. кристаллическая структура,
44. тепловые свойства кристаллов (классическое и квантовое описание),
45. фазовый переход «жидкость-твердое тело»,

- 46.механические свойства твердых тел (упругая и пластическая деформация, закон Гука, дислокации),
- 47.свойства полимеров.

#### **Модуль 4.** «Элементы статистического описания систем»

*Учебный элемент 4.1* «Методы статистической механики в молекулярно-кинетической теории»

Содержание учебного элемента:

- 48.квантовые состояния спиновые систем,
- 49.взаимодействующие квантовые системы,
- 50.распределение тепловой энергии, ультрафиолетовая катастрофа,
- 51.теория равновесного излучения Планка.

## IV. Темы лекций

№	Модуль, учебный элемент	Темы лекций
1	<b>Модуль 1.</b> «Молекулярно-кинетическая теория и элементы термодинамики»	
	Учебный элемент 1.1 «Молекулы. Тепловое равновесие»	Лекция 1. «Молекулярно-кинетическая теория» Лекция 2. «Распределения молекул по скоростям» Лекция 3. «Тепловое равновесия»
	Учебный элемент 1.2 «Идеальный газ. Первое начало термодинамики»	Лекция 4. «Уравнение состояния идеального газа» Лекция 5. «Закон сохранения энергии в тепловых процессах» Лекция 6. «Применение первого начала термодинамики»
2	<b>Модуль 2</b> «Вероятностный подход в описании макросистем»	
	Учебный элемент 2.1 «Второе начало термодинамики»	Лекция 7. «Второе начало термодинамики. Энтропия» Лекция 8. «Энтропия как мера беспорядка» Лекция 9. «Виды беспорядка»
	Учебный элемент 2.2 «Вероятные и невероятные состояния»	Лекция 10. «Вероятность» Лекция 11. «Распределение Больцмана» Лекция 12. «Частные вопросы вероятностных распределений».
3	<b>Модуль 3.</b> «Агрегатные состояния»	
	Учебный элемент 3.1 «Газы»	Лекция 13. «Реальные газы» Лекция 14. «Изотермы Ван-дер-Ваальса. Диаграммы состояния» Лекция 15. «Фазовые переходы»
	Учебный элемент 3.2 «Жидкости»	Лекция 16. «Свойства жидкостей. Поверхностное натяжение» Лекция 17. «Осмоз»
	Учебный элемент 3.3 «Твердые тела»	Лекция 18. «Механические и тепловые свойства твердых тел» Лекция 19. «Пластическая деформация. Полимерные цепочки» Лекция 20. «Механическая обработка материалов. Дефекты в кристаллах»
4	<b>Модуль 4.</b> «Элементы статистического описания систем»	
	Учебный элемент 4.1 «Методы статистической механики в молекулярно-кинетической теории»	Лекция 21. «Основные положения статистической механики» Лекция 22. «Равновесное излучение» Лекция 23. «Причины несостоятельности классического подхода к некоторым явлениям».

Примечание: Тексты лекций практически полностью изложены в учебном пособии [1].

## V. Темы лабораторных работ

№	Модуль, учебный элемент	Темы практических и лабораторных занятий
1	<b>Модуль 1.</b> «Молекулярно-кинетическая теория и элементы термодинамики»	
	Учебный элемент 1.1 «Молекулы. Тепловое равновесие»	<ul style="list-style-type: none"> <li>4. Правила техники безопасности. Элементы теории погрешностей. Измерительные приборы.</li> <li>5. Определение средней квадратичной скорости молекул воздуха, универсальной газовой постоянной и плотности воздуха методом откачки.</li> </ul>
	Учебный элемент 1.2 «Идеальный газ. Первое начало термодинамики»	<ul style="list-style-type: none"> <li>5. Температура и способы ее измерения. Термометры сопротивления.*</li> <li>6. Определение коэффициентов динамической вязкости воздуха.</li> <li>7. Измерение универсальной газовой постоянной.</li> </ul>
2	<b>Модуль 2</b> «Вероятностный подход в описании макросистем»	
	Учебный элемент 2.1 «Второе начало термодинамики»	
	Учебный элемент 2.2 «Вероятные и невероятные состояния»	<ul style="list-style-type: none"> <li>6. Экспериментальное исследование распределения термоэлектронов по скоростям.*</li> </ul>
3	<b>Модуль 3.</b> «Агрегатные состояния»	
	Учебный элемент 3.1 «Газы»	<ul style="list-style-type: none"> <li>4. Определение <math>C_p/C_v</math> по скорости звука в газе методом стоячих волн.</li> <li>5. Определение показателя адиабаты воздуха методом Клемана-Дезорма.</li> <li>6. Определение удельной теплоты перехода воды в пар при температуре кипения.</li> </ul>
	Учебный элемент 3.2 «Жидкости»	<ul style="list-style-type: none"> <li>6. Измерение отношения <math>C_p/C_v</math> для жидкости методом дифракции света на ультразвуковой решетке.</li> <li>7. Измерение относительной влажности воздуха.</li> <li>8. Изучение зависимости давления насыщенных паров от температуры.*</li> <li>9. Определение коэффициента объемного расширения жидкости.</li> <li>10. Изучение зависимости коэффициента поверхностного натяжения жидкости от температуры и концентрации раствора методом максимального давления в пузырьке.</li> <li>11. Измерение вязкости жидкости методом Стокса</li> </ul>
	Учебный элемент 3.3	<ul style="list-style-type: none"> <li>3. Определение коэффициента теплопровод-</li> </ul>

	«Твердые тела»	ности металла.* 4. Кристаллизация сплавов и растворов. 5. Тепловое расширение твердого тела. 6. Измерение температуры и теплоты плавления припоя.* 7. Изучение фазового перехода кристаллизации гипосульфита натрия. 8. Измерение модуля Юнга.
4	<b>Модуль 4.</b> «Элементы статистического описания систем»	
	Учебный элемент 4.1 «Методы статистической механики в молекулярно-кинетической теории»	

Примечания:

5. Описание установок экспериментальные задания и контрольные вопросы изложены в пособии [3].
6. Часть аудиторного времени в составе лабораторных работ и индивидуальных занятий используется для практикума по решению задач. Задачи дифференцированы по уровню сложности и представлены в пособии [2].
7. В части лабораторных работ используется ЭВМ для обработки результатов измерений и представления отчета (такие работы в таблице отмечены символом «\*»). Используется программное обеспечение, созданное авторами данной программы и частично компоненты пакета MS Office (Электронные таблицы).

## **VI. Методическое обеспечение дисциплины**

### **1. Входной и выходной контроль.**

Для обеспечения контроля за качеством учебного процесса проводятся контрольные письменные срезы в начале и в конце обучения. Задания состоят из качественных вопросов и количественных задач разного уровня сложности. Тексты задач содержатся в сборнике, специально изданным для этой учебной дисциплины.

Продолжительность среза 2 академических часа (1 лента). Форма представления результатов свободная.

Не рекомендуется в ходе изучения дисциплины рассматривать задания этого блока на практических или лекционных занятиях. Разбор решений данной контрольной следует произвести сразу после выходного контролирующего занятия, отметив при этом, что часть материала войдет в состав экзаменационных вопросов.

## **2. Учебно-методическое обеспечение лекций**

### **Модуль 1.**

#### **«Молекулярно-кинетическая теория и элементы термодинамики»**

##### ***Учебный элемент 1.1***

##### **«Молекулы. Тепловое равновесие»**

##### **Лекция 1**

##### **«Молекулярно-кинетическая теория»**

##### **Рассматриваемые вопросы:**

1. Молекулы, их размеры, взаимодействие и характер движения.
2. Экспериментальные средства наблюдения.

##### **Ключевые слова:**

Молекула, атом, парное взаимодействие, селектор скоростей, ионный проектор, электронограмма, рентгенограмма, закон Авогадро, потенциал Ленарда-Джонса.

##### **Лекция 2**

##### **«Распределения молекул по скоростям»**

##### **Рассматриваемые вопросы:**

1. Вероятностные закономерности в характере движения молекул газа.
2. Экспериментальные средства наблюдения.

##### **Ключевые слова:**

Распределение Максвелла, распределение по проекциям скоростей.

### **Лекция 3**

«Тепловое равновесие»

#### **Рассматриваемые вопросы:**

1. Механизм наступления теплового равновесия.
2. Шкалы температур.

#### **Ключевые слова:**

Броуновское движение, процессы переноса, теплоемкость, абсолютная шкала температур, длина свободного пробега молекул, диффузия, самодиффузия.

### **Учебный элемент 1.2**

«Идеальный газ. Первое начало термодинамики»

### **Лекция 4**

«Уравнение состояния идеального газа»

#### **Рассматриваемые вопросы:**

1. Модель идеального газа.
2. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории (МКТ).  
Уравнение состояния идеального газа.
3. Изопроцессы.

#### **Ключевые слова:**

молекулярные потоки, осмотическое давление, закон Дальтона, уравнение Вант-Гоффа, радиометрический эффект, изотерма, изобара, изохора.

### **Лекция 5**

«Закон сохранения энергии в тепловых процессах»

#### **Рассматриваемые вопросы:**

1. Понятия: «внутренняя энергия», «работа», «теплота».
2. Теплоемкости идеального газа. Адиабатический процесс.

**Ключевые слова:**

Первое начало термодинамики, показатель адиабаты, степень свободы молекулы, теплоемкость, дифференциальное и интегральное уравнения адиабаты.

## **Лекция 6**

«Применение первого начала термодинамики»

**Рассматриваемые вопросы:**

1. Экспериментальные средства измерения теплоемкостей.
2. Экспериментальные средства измерения показателя адиабаты.
3. Циклические процессы и коэффициент полезного действия цикла.

**Ключевые слова:**

Метод Жоли, метод Клемана-Дезорма, метод Реньо, цикл, КПД.

## **Модуль 2.**

### **«Вероятностный подход в описании макросистем»**

#### ***Учебный элемент 2.1***

«Второе начало термодинамики»

#### **Лекция 7**

«Второе начало термодинамики. Энтропия»

##### **Рассматриваемые вопросы:**

1. Тепловые машины. Обратимые и необратимые процессы.
2. Направление протекания тепловых процессов.
3. Теорема Карно.

##### **Ключевые слова:**

Циклы, энтропия, КПД, обратимость, «физическое никогда».

#### **Лекции 8, 9**

«Энтропия как мера беспорядка», “Виды беспорядка”

##### **Рассматриваемые вопросы:**

1. Свойства энтропии.
2. Динамический и пространственный беспорядок.

##### **Ключевые слова:**

Энтропия, вероятность состояния, функция состояния, равновесное состояние.

#### ***Учебный элемент 2.2***

«Вероятные и невероятные состояния»

#### **Лекция 10**

«Вероятность»

**Рассматриваемые вопросы:**

1. Сложные и элементарные события. Распределения вероятностей.
2. Нормальное приближение. Средние значения случайной величины.
3. Центральная предельная теорема.

**Ключевые слова:**

Поле событий, Гауссово распределение, дискретные и непрерывные случайные величины.

**Лекция 11**

«Распределение Больцмана»

**Рассматриваемые вопросы:**

1. Связь вероятности и энтропии.
2. Барометрическая формула.

**Ключевые слова:**

Распределение Больцмана, вероятность, энтропия.

**Лекция 12**

«Частные вопросы вероятностных распределений»

**Рассматриваемые вопросы:**

1. Частные случаи применения биномиального распределения.
2. Вероятностные законы в других отраслях знаний

**Ключевые слова:**

Распределения Пуассона, Гаусса.

## **Модуль 3.**

### **«Агрегатные состояния»**

#### **Учебный элемент 3.1**

«Газы»

#### **Лекция 13**

«Реальные газы»

##### **Рассматриваемые вопросы:**

1. Взаимодействие между молекулами.
2. Уравнение реального газа.

##### **Ключевые слова:**

Закон парного взаимодействия, эффект Джоуля-Томсона, уравнение Ван-дер-Ваальса.

#### **Лекция 14**

«Изотермы Ван-дер-Ваальса. Диаграммы состояния»

##### **Рассматриваемые вопросы:**

1. Реальные изотермы. Свойства насыщенного пара.
2. Диаграммы состояния. Признаки фазового перехода.

##### **Ключевые слова:**

Уравнение Клапейрона-Клаузиуса, критическая температура, тройная точка, фазовый переход, принцип Ле Шателье-Брауна.

#### **Лекция 15**

«Фазовые переходы»

##### **Рассматриваемые вопросы:**

1. Свойства насыщенного пара.
2. Влажность и ее влияние на устойчивость конвективную атмосферу.

##### **Ключевые слова:**

Принцип Ле Шателье-Брауна, критический температурный градиент.

## **Учебный элемент 3.2**

«Жидкости»

### **Лекция 16**

«Свойства жидкостей. Поверхностное натяжение.»

#### **Рассматриваемые вопросы:**

1. Свойства поверхности жидкости. Смачивание. Капиллярность.
2. Влияние формы поверхности на фазовые переходы.

#### **Ключевые слова:**

Коэффициент поверхностного натяжения, краевой угол, кривизна поверхности, давление Лапласа, этапы кипения.

### **Лекция 17**

«Осмоз.»

#### **Рассматриваемые вопросы:**

1. Свойства растворов.
2. Явление осмоса. Давление растворов.

#### **Ключевые слова:**

Осмотическое давление.

## **Учебный элемент 3.3**

«Твердые тела»

### **Лекция 18**

«Механические и тепловые свойства твердых тел»

#### **Рассматриваемые вопросы:**

1. Виды кристаллических структур.

2. Тепловые свойства кристаллов.
3. Механические свойства. Закон Гука.

**Ключевые слова:**

Кристаллическая решетка, плоскость спайности, теплоемкость кристалла, теория теплоемкости Эйнштейна, плавление, кристаллизация, скрытая теплота, деформация.

### **Лекция 19**

«Пластическая деформация. Полимерные цепочки.»

**Рассматриваемые вопросы:**

1. Проблема Френкеля. Упрочнение материалов.
2. Аномальное поведение полимеров.

**Ключевые слова:**

Прочность, пластичность, текучесть, дислокация, дефект, квантовая цепочка.

### **Лекция 20**

«Механическая обработка материалов. Дефекты в кристаллах.»

**Рассматриваемые вопросы:**

1. Упрочнение материалов.
2. Виды дефектов решетки

**Ключевые слова:**

Прочность, пластичность, текучесть, дислокация, дефект, квантовая цепочка.

## Модуль 4.

### «Элементы статистического описания систем»

#### Учебный элемент 4.1

«Методы статистической механики в молекулярно-кинетической теории»

#### Лекция 21

«Основные положения статистической механики»

##### Рассматриваемые вопросы:

1. Квантовые состояния системы частиц со спином  $\frac{1}{2}$ .
2. Распределение вероятности по состояниям взаимодействующих систем.

##### Ключевые слова:

Спиновая цепочка, доступное состояние, газ квантовых частиц, каноническое распределение.

#### Лекция 22

«Равновесное излучение»

##### Рассматриваемые вопросы:

1. Проблема распределения тепловой энергии.
2. Квантовая теория равновесного излучения Планка.

##### Ключевые слова:

Ультрафиолетовая катастрофа, плотность излучения, формула Планка, закон Стефана-Больцмана.

#### Лекция 23

«Причины несостоятельности классического подхода к некоторым явлениям»

##### Рассматриваемые вопросы:

1. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы.
2. Примеры явлений, не объяснимых с точки зрения классической теории молекулярного строения веществ.

**Ключевые слова:**

Теплоемкость, третий закон термодинамики.

### **3. Управление самостоятельной работой.**

В этом разделе кратко представлен материал, который может быть вынесен на самостоятельное изучение студентами с обязательным и регулярным контролем со стороны преподавателя. Важно отметить, что на выходном модуле (экзамен) данные темы представлены равноправно с тематикой аудиторных занятий и требования по глубине усвоения данных тем должны быть не ниже, чем к вопросам, рассматриваемым подробно на лекциях. Качественные и расчетные задачи, вынесенные на самостоятельное решение представлены в пособии [2]. К каждому модулю прилагается список задач для самостоятельного решения, которые защищаются студентами на лабораторных занятиях и консультациях наравне с лабораторными работами. Отчет по самостоятельной работе студенты обязаны предоставлять после изучения каждого модуля дисциплины.

Итак, здесь освещены темы, которые могут быть изучены в следующих видах деятельности:

- Самостоятельное изучение с последующим отчетом в виде ответов на контрольные вопросы преподавателя.
- Самостоятельное решение задач и их защита.
- Реферат, с последующим выступлением на лабораторно-практическом занятии.
- Преподаватель дает творческие задания, в перспективе перерастающие в курсовые и/или дипломные работы.
- Прочие виды самостоятельной деятельности студентов.

## **Модуль 1.**

### **«Молекулярно-кинетическая теория и элементы термодинамики»**

#### **Вопросы для самостоятельного изучения:**

- Становление представлений об атомах и молекулах.
- Закон Авогадро и история его открытия.
- Методы измерения скоростей молекул.
- Шкалы температур. История создания.
- Квантовый вывод уравнения состояния идеального газа.
- Осмотическое давление. Закон Вант-Гоффа.
- Методы измерения низких давлений.
- Оригинальные методы измерения теплоемкостей.
- Виды тепловых машин.

## **Модуль 2.**

### **«Вероятностный подход в описании макросистем»**

#### **Вопросы для самостоятельного изучения:**

- Проекты идеальных тепловых машин.
- «Парадоксы» энтропии.
- Тепловой насос. Устройство «бытовых тепловых насосов».
- Центральная предельная теорема, ее приложения.

## **Модуль 3.**

### **«Агрегатные состояния»**

#### **Вопросы для самостоятельного изучения:**

- Уравнения реального газа (кроме Ван-дер-Ваальса).
- Простые опыты с насыщенным паром.
- Температурный градиент и конвективная устойчивость атмосфер планет Солнечной системы.
- Оригинальные методы измерения влажности.
- Применение капиллярных явлений в технике и других областях.
- Фуллерены.
- Структурные фазовые переходы. Модификации кристаллических решеток.

## **Модуль 4.**

### **«Элементы статистического описания систем»**

#### **Вопросы для самостоятельного изучения:**

- История построения теории равновесного излучения.
- Термодинамика магнитных систем.
- Статистическая сумма.

### 3. Экзаменационные задания

В каждом экзаменационном билете содержится по 9 заданий и представлены практически все учебные элементы модулей. На подготовку отводится 1 час. Разрешается свободно пользоваться литературой. Выполненные (частично выполненные) задания студент защищает в устном ответе преподавателю. Беседа с каждым студентом длится не более 15 минут.

При такой форме экзаменационного испытания студент не полагается на случай, а вынужден при подготовке к экзамену в равной степени уделить внимание всем модулям дисциплины. Итоговая оценка определяется по рейтинговой системе, в которой учтены все виды деятельности студента на протяжении семестра, в том числе качество прохождения промежуточного контроля по модулям. Итоговую оценку можно повысить выполнив и отчитаться по дополнительным заданиям.

### вопросы экзаменационного теста по молекулярной физике

#### 1. Взаимодействие молекул. Измерения скоростей. Распределения скоростей

1.1 Из каких макроскопических измерений можно получить данные о размерах молекул? Охарактеризуйте точность определения размеров предложенных вами способов.

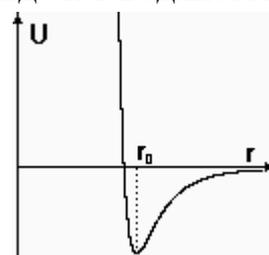
1.2 Во сколько, примерно, раз отличаются средние расстояния между молекулами в твердом и газообразном (газ при атмосферном давлении и комнатной температуре) состоянии?

1.3 Какие экспериментальные способы изучения молекулярного строения веществ вам известны? В чем они состоят?

1.4 Какова идея опыта Перрена по определению числа Авогадро?

1.5 Чем отличаются взаимодействия молекул воды во льде и в водяном паре?

1.6 График зависимости потенциальной энергии взаимодействия двух молекул  $U(r)$  имеет вид, изображенный на рисунке. Укажите область значений



расстояний между молекулами где молекулы отталкиваются... Притягиваются. По графику  $U(r)$  постройте график зависимости силы взаимодействия молекул от расстояния.

1.7 Что такое селектор скоростей? Как он действует? Для каких целей он может быть использован?

1.8 Как действует установка Штерна с вращающимися цилиндрами для измерения скоростей молекул газа? Как определяют скорость молекул с ее помощью?

1.9 Объясните, почему изображение щели в установке Штерна с вращающимися цилиндрами оказывается размытым. Как можно использовать информацию о законе размытия изображения для нахождения распределения молекул по скоростям?

1.10 Для измерения скорости частицы необходимо измерить ее перемещение и время, за которое было совершено это перемещение. Как измеряется время при измерении скоростей молекул с помощью установки Штерна с вращающимся цилиндром?

1.11 Два состояния одного и того же идеального газа лежат на одной изотерме. В каком состоянии - с большим или меньшим объемом внутренняя энергия газа больше? Как изменится ответ, если учитывать взаимодействие молекул?

1.12 Изобразите примерный вид плотности распределения молекул по проекциям скоростей. Какой параметр характеризует распределение. Как изменяется вид плотности распределения молекул по проекциям скоростей при понижении температуры?

1.13 Что больше наивероятнейшее или среднее значение модуля скорости молекул? Ответ аргументируйте.

1.14 Как используя распределения молекул по проекциям скоростей найти распределение молекул по модулю скорости?

1.15 Как оценить среднюю длину пробега молекул? Можно ли считать, что средняя длина свободного пробега равна среднему расстоянию между молекулами в газе? Объясните, почему средняя длина свободного пробега растет с повышением температуры.

1.16 Маленький тонкостенный стеклянный сосуд с гелием погрузили в огромный баллон с азотом при атмосферном давлении. Стекло слабо проницаемо для гелия, но непроницаемо для азота. Каким будет состояние системы после установления равновесия?

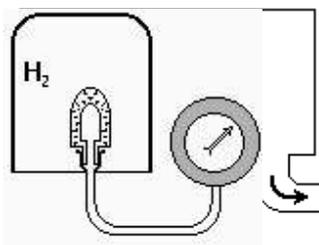
## 2. Температура. Давление газа

2.1 В состоянии теплового равновесия температуры в каждой точке тела одинаковы. В термодинамике, то есть науке о тепловых явлениях, которая не основана на молекулярных представлениях, температура является первичным понятием и определяется перечислением свойств. Перечислите свойства температуры, которые определяют ее как физическую величину.

Что такое термометрические параметры? Приведите примеры термометрических параметров.

2.2 Проведите рассуждения, показывающие, что средняя кинетическая энергия молекул газа обладает всеми свойствами температуры, а поэтому ее можно использовать в качестве термометрического параметра.

2.3 Большой сосуд заполнен водородом  $H_2$ . В него вводят небольшой сосуд с



перегородками, содержащими мелкие поры, и соединенный с манометром, как показано на рисунке. Опишите, что будет происходить при этом. Дайте объяснение происходящему.

2.4 Выберите правильные ответы.

А. Каковы размерности:

- |   |                 |                   |
|---|-----------------|-------------------|
| а) концентрации молекул $n$ ?             | 1) Дж/кг;       | 2) Па; 3) $m^3$ ; |
| б) молярной массы $\mu$ ?                 | 4) $m^{-3}$ ;   | 5) К;             |
| в) числа Авогадро $N_A$ ?                 | 6) г/моль;      | 7) моль $^{-1}$ ; |
| г) плотности газа $\rho$ ?                | 8) кг/ $m^3$ ;  | 9) Дж;            |
| д) абсолютной температуры $T$ ?           | 10) Дж/К·моль;  | 11) кг/К·моль;    |
| е) постоянной Больцмана $k_B$ ?           | 12) К $^{-1}$ ; | 13) $cm^{-3}$ ;   |
| ж) универсальной газовой постоянной $R$ ? | 14) г/ $cm^3$ ; | 15) Н/ $m^2$ ;    |
| з) произведения $P \cdot V$ ?             | 16) $m^2/s^2$ ; | 17) Н·м; 18) Н/м; |

В. Выберите из предложенных формул подходящие для вычисления давления идеального газа.

- |   |                                       |  |
|---|---------------------------------------|--|
| 1) $P = \frac{2}{3} n \langle \epsilon \rangle$ ; | 2) $P = \frac{3}{2} k_{\epsilon} T$ ; | 3) $P = \frac{1}{3} n m \langle u^2 \rangle$ ; |
| 4) $P = \frac{2}{3} n m \langle u^2 \rangle$ ;    | 5) $P = T k_{\epsilon} n$ ;           | 6) $P = \frac{N}{V} k_{\epsilon} T$ .          |

2.5 Найдите верные формулы для вычисления параметров:

- а) концентрации молекул  $n$ ?
- б) молярной массы  $\mu$ ;
- в) числа Авогадро  $N_A$ ;
- г) плотности газа  $\rho$ ;
- д) абсолютной температуры  $T$ ;
- е) постоянной Больцмана  $k_B$ ;
- ж) универсальной газовой постоянной  $R$ ;
- з) произведения  $P \cdot V$ :

- |                                     |   |  |                                    |
|-------------------------------------|---|--|------------------------------------|
| 1) $n = \frac{P}{k_{\epsilon} T}$ ; | 2) $n = \frac{M}{V}$ ;  | 3) $k_{\epsilon} = \frac{2}{3} \frac{\langle \epsilon \rangle}{T}$ ; | 4) $n = \frac{N}{V}$ ;             |
| 5) $N_A = \frac{M}{m_0}$ ;          | 6) $\rho = N_A m_0$ ;   | 7) $\rho = \frac{N_A m_0}{V}$ ;                                      | 8) $\rho = \frac{M}{V}$ ;          |
| 9) $m = N_A m_0$ ;                  | 10) $T = \frac{2}{3} \frac{\langle \epsilon \rangle}{k_{\epsilon}}$ ; | 11) $R = k_{\epsilon} N$ ;   | 12) $R = \frac{k_{\epsilon}}{T}$ ; |

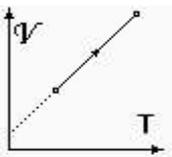
13)  $PV = k_{\zeta} T$  ; 14)  $R = k_{\zeta} N_A$  ; 15)  $PV = \nu RT$  ; 16)  $T = \frac{PV}{\nu R}$  ;  
 17)  $k_{\zeta} = \nu e$  ; 18)  $N_A = \frac{R}{k_{\zeta}}$  .

2.6 Во сколько раз изменится давление газа на стенку тотчас после того, как вдруг десятая часть молекул, ударяющихся о стенку, начнет поглощаться ею?

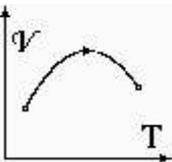
2.7 В чем заключается радиометрический эффект? Какова его природа?

2.8 Каков механизм установления теплового равновесия в идеальном газе, заключенном в сосуд некоторого объема  $V$ ?

2.9 На  $VT$ -диаграмме отрезком прямой изображен процесс, в котором участвует идеальный газ. Увеличивается или уменьшается давление газа в данном процессе? Дайте объяснения.



2.10 На  $VT$ -диаграмме дугой параболы изображен процесс, в котором участвует идеальный газ. Увеличивается или уменьшается давление газа в данном процессе? Как выглядит этот процесс на  $PV$ -диаграмме? Дайте объяснения.



2.11 Объясните происхождение тройки в знаменателе численного коэффициента, возникающего при классическом (и при квантовом) выводе основного уравнения молекулярно-кинетической теории идеального газа:

$$P = \frac{2}{3} N \langle \varepsilon \rangle .$$

2.12 Дайте молекулярно-кинетическое объяснение тому, что при медленном движении тела в газе оно испытывает силу трения пропорциональную скорости

2.13 Предположим, что в тепловом равновесии модули скоростей всех молекул одинаковы, а все направления равновероятны. Как в таком случае будет выглядеть основное уравнение молекулярно-кинетической теории?

2.14 Дайте молекулярно-кинетическое объяснение тому, что при медленном сжатии газа в теплоизолированном сосуде его температура увеличивается.

2.15 Газ под давлением  $P_0$  содержится в сосуде, в одной из стенок которого имеется маленькое отверстие площади  $S$ . Какую реактивную силу создает истекающий из отверстия газ?

2.16 При исследовании распределений молекул по скоростям приготавливают пучки молекул, истекающие из отверстия. Объясните, почему требуется, чтобы размер отверстия был меньше длины свободного пробега молекул.

2.17 Как давление газа зависит от его плотности?

### 3. Закон сохранения энергии в тепловых процессах

3.1 Килограмм льда или килограмм жидкой воды при  $0^{\circ}\text{C}$  имеет большую внутреннюю энергию? На сколько?

3.2 Поясните, что означает утверждение: “Внутренняя энергия является функцией состояния”. Приведите примеры других функций состояния. Почему работа и теплота не являются функциями состояния?

3.3 а) Чему равна молярная теплоемкость  $C_V$  одноатомного газа при постоянном объеме  $V$ ?

б) Чему равна молярная теплоемкость  $C_p$  одноатомного газа при постоянном давлении  $P$ ? Почему  $C_p > C_V$ ?

в) Чему равна молярная теплоемкость  $C_V$  двухатомного газа при постоянном объеме?

г) Чему равна молярная теплоемкость  $C_p$  двухатомного газа при постоянном давлении?

3.4 Расскажите об экспериментальном способе измерения теплоемкости газа при постоянном объеме.

3.5 Расскажите об экспериментальном способе измерения теплоемкости газа при постоянном давлении.

3.6 Выведите дифференциальное уравнение адиабаты. Почему оно так называется?

3.7 Какие способы экспериментального измерения показателя адиабаты вы знаете? Опишите один из них.

3.8 При адиабатическом расширении газ совершает работу. За счет чего она совершается? Одноатомный газ, находясь под давлением  $P$  и занимая объем  $V$ , расширился до объема  $8V$ . Какую работу он при этом совершил?

3.9 При выполнении каких физических условий возможно изотермическое сжатие разреженного газа? Расширение? Приведите пример физической ситуации, в которой возможно изотермическое сжатие. При сжатии газа над ним совершается работа. Внутренняя энергия при изотермическом процессе не изменяется. На что идет работа при этом?

3.10 Почему сухой холодный воздух, скатываясь с гор и, попадая в область повышенного давления, нагревается? Оцените на сколько повышается температура потока воздуха с горы (фен), если давление наверху составляет 50% от давления у подножия горы.

3.11 Получите выражение внутренней энергии идеального газа через давление и объем.

3.12 Рассмотрите два способа попадания идеального газа в равновесное состояние  $A$ , в котором газ занимает объем  $V_A$  при давлении  $P_A$ :

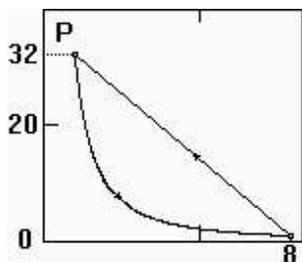
- по квазистатической траектории;
- при неквазистатическом процессе.

Чем отличается квазистатический процесс от неквазистатического? При первом или втором способе попадания в состояние  $A$  внутренняя энергия газа больше?

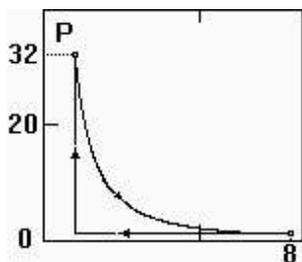
3.13 Воздух в двадцатилитровом баллоне при начальном давлении  $10^5 \text{ Па}$  и начальной температуре  $20^\circ\text{C}$  нагрели до температуры  $50^\circ\text{C}$ . Какое количество теплоты было передано воздуху?

3.14 В теплоизолированный цилиндр с поршнем закачали газ. При сжатии оказалось, что давление газа изменялось по закону  $P = \frac{V_0^{5/3}}{V^{5/3}} P_0$ , где  $V_0$  и  $P_0$  - начальные значения объема и давления. Из скольких атомов состоит молекула газа?

3.15 Литр одноатомного идеального газа, находившийся под давлением

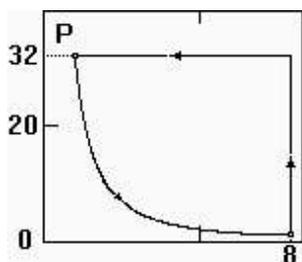


$32 \cdot 10^5 \text{ Па}$  адиабатически расширился до 8 литров. Затем вернулся в исходное состояние так, что давление росло по линейному закону. Положительную или отрицательную работу совершило рабочее тело машины за один цикл? Покажите на графике эту работу.



3.16 Литр одноатомного идеального газа, находившийся под давлением  $32 \cdot 10^5 \text{ Па}$  адиабатически расширился до 8 литров. Затем его вернули в исходное состояние в два этапа. Вначале изобарически сжали до первоначального объема, потом изохорически нагрели так, что давление возросло до первоначального значения. Положительную или отрицательную работу совершило рабочее тело машины за один цикл? Покажите на графике эту работу.

3.17 Литр одноатомного идеального газа, находившийся под давлением



$32 \cdot 10^5 \text{ Па}$  адиабатически расширился до 8 литров. Затем его вернули в исходное состояние в два этапа. Вначале изохорически нагрели так, что давление возросло до первоначального значения, а потом изобарически сжали до первоначального объема. Положительную или отрицательную работу совершило рабочее тело машины за один цикл? Покажите на графике эту работу.

## 4. Тепловые машины. Второе начало термодинамики

4.1 Опишите энергетическую схему устройства и работы теплового двигателя.

4.2 За счет чего тепловой двигатель совершает работу? На примере теплового двигателя, в котором в качестве рабочего тела используется газ, разъясните почему нельзя обойтись без холодного теплового резервуара?

4.3 Дайте определение термического коэффициента полезного действия (КПД). Укажите пути повышения КПД тепловых двигателей.

4.4 Чем отличаются обратимая и необратимая тепловые машины?

4.5 Что собой представляет цикл Карно? После совершения главного этапа цикла, на котором за счет подводимого от нагревателя тепла газ совершает работу, его приходится охлаждать. Чтобы при охлаждении газа тепло зря не сбрасывалось в охладитель, можно использовать регенератор, накапливающий тепловую энергию. В какой части тепловой машины

хранится энергия, высвобождающаяся при охлаждении газа, если используется цикл Карно?

4.6 Тепловая энергия, получаемая газом в тепловой машине от нагревателя, это кинетическая энергия молекул. Допустим, что, совершая работу, тепловой двигатель раскручивает маховик. Так что результатом действия тепловой машины также является кинетическая энергия. В чем главное отличие указанных выше кинетических энергий.

4.7 Сформулируйте и докажите теорему Карно.

4.8 Медный кубик массой  $64 \text{ г}$  остыл от  $100^{\circ}\text{C}$  до температуры воздуха в комнате  $20^{\circ}\text{C}$ . Как и на сколько изменилась энтропия всего мира при этом?

4.9 Докажите, что обратимая тепловая машина имеет наибольший КПД из всех машин, работающих между заданными нагревателем и холодильником.

4.10 Электрическая печь мощностью  $1 \text{ кВт}$  поддерживает в комнате температуру  $17^{\circ}\text{C}$  при температуре наружного воздуха  $-13^{\circ}\text{C}$ . Какая минимальная мощность потребовалась бы для теплового насоса, работающего по циклу Карно, для поддержания той же температуры в комнате?

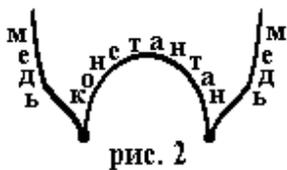
4.11 Определите увеличение энтропии  $200 \text{ г}$  льда, растаявшего при  $0^{\circ}\text{C}$ .

Удельная теплота плавления льда равна  $2,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$ .

4.12 Чему равен КПД идеальной тепловой машины, работающей между нагревателем при температуре  $T_1$  и холодильником при температуре  $T_2$ ?

Выведите формулу КПД идеальной тепловой машины.

4.13 Термопара представляет собой два соединенных спая разнородных металлических проволок, например, меди и константана. Если спай



поддерживать при разных температурах, то термопара действует как источник тока. На концах проволоки возникает ЭДС. Один спай термопары поместили в теплоизолированный контейнер с  $1 \text{ кг}$  льда, другой спай находится в комнате при постоянной температуре  $27^{\circ}\text{C}$ .

Термопару подключили к кипятильнику, опущенному в стакан с  $200 \text{ г}$  воды. Оцените, на сколько нагреет кипятильник воду, пока в контейнере не растает

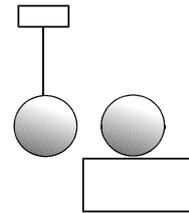
весь лед. Удельная теплота плавления льда равна  $2,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$ .

4.14 В расчетах изменения энтропии всего мира при работе тепловой машины не учитывается изменение энтропии рабочего тела. Не совершается ли ошибка при этом? Ответ аргументируйте.

4.15 Сосуд объемом  $2V$  разделен перегородкой пополам. В одной половине  $1 \text{ моль}$  идеального газа, а в другой – вакуум. Перегородку резко убрали, позволив газу расшириться. Найдите изменение энтропии газа после установления теплового равновесия. Сосуд теплоизолирован.

4.16 Один моль идеального одноатомного газа изотермически расширился от объема  $V_1$  до объема  $V_2$  при температуре  $T$ . Увеличилась или уменьшилась энтропия газа при этом? На сколько?

4.17 Не противоречит ли результат действия теплового двигателя – превращение энергии хаотического движения молекул нагревателя в энергию упорядоченного движения молекул поршня – утверждению о том, что любой процесс в конце концов ведет к увеличению беспорядка, хаоса, к увеличению энтропии?



4.18 К двум совершенно одинаковым шарикам, один из которых висит на нетеплопроводной нити, а другой лежит на нетеплопроводной поверхности, подвели одинаковые количества теплоты при одной и той же температуре. Одинаково ли изменится энтропия шариков? Какие дополнительные данные надо иметь, чтобы количественно ответить на вопрос задачи?

## 5. Изменения энтропии и повышение теплового беспорядка

5.1 При адиабатическом расширении газа его температура уменьшается, значит динамический беспорядок уменьшается. Как же это можно связать с утверждением о том, что энтропия в адиабатическом процессе не изменяется?

5.2 Если энтропия является мерой беспорядка, то почему она возрастает при изотермическом расширении газа? Ведь при этом температура остается постоянной и динамический беспорядок не растет.

5.3 Одной из характеристик термодинамического состояния является число способов, которыми может быть осуществлено данное состояние. Разным состояниям отвечают разные числа способов. Какая характеристика состояния является показателем беспорядка?

5.4 Почему состояние, обладающее большим беспорядком, наиболее вероятно?

5.5 Во сколько раз вероятность превышения плотности воздуха в два раза над наивероятнейшим значением в объемчике  $0,1 \text{ мм}^3$  меньше вероятности самого вероятного состояния? Полагайте, что  $P=10^5 \text{ Па}$ ,  $T=293 \text{ К}$ .

5.6 Как на языке вероятностей можно переформулировать утверждение: "Любая замкнутая термодинамическая система самопроизвольно переходит из состояния с меньшей энтропией в состояние с большей энтропией?". Как вероятность состояния связана с энтропией состояния?

5.7 Вещество, состоящее из молекул, имеющих магнитные моменты, помещено в магнитное поле и находится в состоянии теплового равновесия. Затем вещество защитили адиабатической оболочкой и выключили магнитное поле. Что при этом произойдет? Объясните происходящее.

5.8 Один из методов получения сверхнизких температур заключается в следующем. Парамагнитное вещество охлаждается в магнитном поле до возможно низкой температуры. Затем обеспечивают достаточно



хорошую теплоизоляцию и выключают магнитное поле. При этом температура понижается. были достигнуты температуры  $10^{-4}K$ . Объясните принцип данного способа охлаждения.

5.9 Рассмотрим сосуд с газом, разделенный пополам перегородкой. В одной половине газ, в другой - вакуум. Перегородку выдернули, предоставив газу распространяться по всему объему. Очевидно, что в первые мгновения после удаления перегородки вероятность того, что все молекулы будут находиться в одной половине сосуда близка к единице. С другой стороны, расчет вероятности такого состояния дает  $P=2^{-N}$ , где  $N$  - число молекул в сосуде. Оказывается, что система находится в маловероятном состоянии с гораздо большей вероятностью. Объясните это противоречие.

5.10 Можно ли перевести систему из более вероятного в менее вероятное состояние? Если нельзя, то почему? Если можно, то каким способом?

5.11 Как выражается через разность энтропий двух состояний отношение вероятностей пребывания в этих состояниях при тепловом равновесии?

5.12 Какую работу надо совершить над системой, чтобы при температуре  $300 K$  перевести ее в  $e^{1000}$  раз менее вероятное состояние?

5.13 Частица со спином  $1/2$  и магнитным моментом  $9,28 \cdot 10^{-24}$  Дж/Тл находится в магнитном поле индукции  $B=2,23$  Тл. В каком отношении находятся времена пребывания частицы с магнитным моментом направленным по и против направления магнитной индукции? (Справка:  $e^{-x} \approx 1-x$  при  $x \ll 1$ ).

5.14 Поясните в терминах вероятных и невероятных состояний отличие обратимых от необратимых процессов.

5.15 Разъясните идею опытов Перрена по определению числа Авогадро.

5.16 Что такое шкала высоты? В каком отношении находятся шкалы высот гелия и молекулярного водорода? Одинаковые или нет шкалы высот одного и того же газа на Земле и на Марсе?

5.17 В тонкой взвеси концентрация частиц плавно убывает с высотой. Однако, если частицы взвеси достаточно крупные, то они оседают на дно, и никакого плавного распределения не наблюдается. Дайте этому объяснение.

## 6. Взаимодействие молекул и фазовые переходы

6.1 В чем состоит явление Джоуля-Томсона. Дайте качественное пояснение эффекту Джоуля-Томсона, исходя из представлений о взаимодействии молекул между собой. Какие изменения в эффекте следует ожидать при переходе от низких к высоким давлениям в газе? В чем физический недостаток модельной поправки на собственный объем?

6.2 Определите, сколько процентов от значения, предсказываемого уравнением состояния идеального газа составляет поправка для плотности азота, находящегося при комнатной температуре и атмосферном давлении.

Тяжелее или легче "идеального" "реальный" азот? Для азота  $a=0,139 \text{ Н}\cdot\text{м}^4\cdot\text{моль}^{-2}$ ,  $b=0,391\cdot 10^{-4} \text{ м}^3\cdot\text{моль}^{-1}$ .

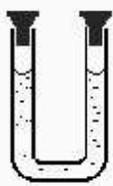
6.3 Какие физические свойства газа отражают поправки Ван-дер-Ваальса?

6.4 Какую долю от глубины потенциальной ямы парного взаимодействия двух молекул воды составляет средняя кинетическая энергия молекулы воды при комнатной температуре. Удельная теплоемкость льда  $1,5\cdot 10^3 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$ , удельная теплоемкость жидкой воды  $4,2\cdot 10^3 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$ , удельная теплота плавления льда  $3,32\cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$ , удельная теплота парообразования  $2,26\cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$ .

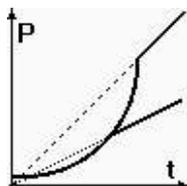
6.5 При каких температурах на изотермах газа Ван-дер-Ваальса имеются участки неустойчивости? Что собой представляют эти участки? Поясните, в чем заключается неустойчивость состояния газа на них?

6.6 На участках изотерм Ван-дер-Ваальса с положительным наклоном газ может находиться в состоянии равновесия. Каким физическим состояниям отвечают участки непосредственно примыкающие к участкам неустойчивости? При каких условиях вещество можно наблюдать в этих состояниях?

6.7 В герметически закрытой U-образной трубке налита жидкость. Между пробками и жидкостью имеется свободное пространство. Как, не открывая трубку, узнать, есть ли в свободном пространстве помимо насыщенного пара воздух? Какое свойство насыщенных паров демонстрирует данное устройство?



6.8 Два графика зависимости давления паров в закрытом сосуде от времени изображены на рисунке. Одно и то же вещество или нет испарялось в обоих случаях? Объясните ход кривых (смену характера зависимости) и различие кривых.



6.9 Температура кипения соленой воды выше, чем температура кипения несоленой воды. Больше, меньше или равна плотность насыщенных паров над кипящей соленой водой, чем над несоленой? В чем состоит молекулярный механизм повышения температуры кипения при подсаливании воды?

6.10 Удельная теплота парообразования воды значительно больше, чем серного эфира. Почему же эфир, налитый на руку, производит значительно большее охлаждение, чем вода?

6.11 Почему приготовление пищи в горах требует значительно большего времени, чем при обычных условиях?

6.12 Кривая сосуществования лед-жидкая вода при давлении около  $2000 \text{ атм}$  изменяет свой наклон с отрицательного на положительный и идет вертикально. что произойдет с системой лед-жидкая вода при переходе давления  $2000 \text{ атм}$ ?

- 6.13 Твердый галлий плавает в своем расплаве. Как зависит температура плавления галлия от давления?
- 6.14 Твердое железо тонет в своем расплаве. Как зависит температура плавления железа от давления?
- 6.15 На горизонтальную плоскость в вершины равностороннего треугольника положили три одинаковые капли ртути радиуса  $1 \text{ мм}$ . Сверху положили пластинку с грузом общей массы  $3 \text{ кг}$ . Чему равен зазор между пластинками в равновесии? Коэффициент поверхностного натяжения ртути  $\sigma=0,515 \text{ Дж/м}^2$ .
- 6.16 При каких условиях можно получить перегретую жидкость? Объясните природу перегретого состояния. Что собой представляет пузырьковая камера?
- 6.17 Как можно получить переохлажденный пар? Объясните природу переохлажденного состояния. Что собой представляет камера Вильсона?
- 6.18 Над выпуклой или вогнутой поверхностью давление равновесных паров выше? Объясните причину.
- 6.19 Гейзер представляет собой расположенную на большой глубине полость в твердых породах, заполняющаяся грунтовыми водами. Полость нагревается геотермальным теплом. В результате через канал, соединяющий полость с поверхностью Земли, происходит периодическое выбрасывание смеси кипятка с паром. Объясните механизм действия гейзера.

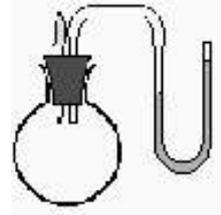
## 7. Материал для самостоятельного изучения

- 7.1 В помещение нужно подать  $V=10^4 \text{ м}^3$  воздуха при температуре  $t_1=18 \text{ }^\circ\text{C}$  и относительной влажности  $\varphi=50\%$ , забирая его с улицы при  $t_2=10 \text{ }^\circ\text{C}$  и относительной влажности  $\varphi=60\%$ . Сколько воды следует дополнительно испарить в подаваемый воздух? Давление насыщенного пара при  $t_1$  равно  $P_1=2,1 \cdot 10^3 \text{ Па}$ , а при  $t_2$  равно  $P_2=1,2 \cdot 10^3 \text{ Па}$ .
- 7.2 При какой максимальной относительной влажности воздуха на кухне бутылка молока, вынутая из холодильника, не будет запотевать? Температура в холодильнике  $t_1=5 \text{ }^\circ\text{C}$ , в комнате  $t_2=25 \text{ }^\circ\text{C}$ . Давление насыщенных паров воды при  $t_1$  равно  $P_1=866 \text{ Па}$ , при  $t_2$  равно  $P_2=3192 \text{ Па}$ .
- 7.3 В воздухе объемом  $60 \text{ м}^3$  при температуре  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  относительная влажность составляла  $80\%$ . Определите массу воды, которая может испариться в комнате при повышении температуры до  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- 7.4 В русской парной одним из основных элементов является печь-каменка, заполненная раскаленными камнями. Температуру в парной увеличивают, выплескивая маленькие порции воды на камни. Почему, когда подбрасывают воду на раскаленные камни печи, в парной становится суше?
- 7.5 Для каких целей коробочка гигрометра вставляется в оправу из полированного колечка, теплоизолированного от коробочки? Каков главный

источник ошибки определения относительной влажности с помощью гигрометра?

7.6 Метод дефицита влажности состоит в следующем. Сухую колбу продувают

исследуемым воздухом. Затем колбу затыкают пробкой с двумя выводами: в одном выводе пипетка с водой, другой соединен с водяным манометром. В колбу капают некоторое количество капель воды. Наблюдается повышение давления внутри колбы. Объясните принцип определения абсолютной и относительной влажности данным методом. Для чего следует предварительно продувать колбу?



7.7 Что такое адиабатическая атмосфера? Чем обусловлена ее конвективная устойчивость? Что такое критический градиент температуры?

7.8 Объясните, почему при повышении влажности воздуха конвективная устойчивость атмосферы нарушается?

7.9 В предгорных областях наблюдается погодное явление именуемое фенем. Скатывающиеся с гор массы воздуха являются очень сухими и теплыми. Фен оказывает иссушающее действие на растительность. Дайте физическое объяснение возникновения фена и его сухости.

7.10 Чем отличается пластическая деформация от упругой? Дайте словесный портрет зависимости напряжения от деформации в кристаллах.

7.11 Что собой представляет дислокация. Как представления о дислокациях объясняют низкий предел текучести?

7.12 Почему кованый клинок обладает большой прочностью?

7.18 Объясните зуб текучести.

7.19 Почему резиновый жгут сжимается при нагревании?

## 8. Тепловые и механические свойства твердых тел

8.1 Почему кристаллы раскалываются по плоскостям спайности? Как проходит плоскость спайности в гранецентрированном кристалле?

8.2 Как изучают молекулярное строение кристаллов? Объясните, почему успехи в изучении устройства сложных органических молекул (или даже вирусов) связаны с получением кристаллов из данных молекул?

8.3 Как можно оценить отношение среднего размаха тепловых колебаний молекулы в кристалле к среднему расстоянию между ближайшими соседями?

8.4 Как на основе молекулярных представлений объяснить закон Гука? Почему только при малых деформациях кристалла работает закон Гука?

8.5 В таблицах значений температур и удельных теплот плавления нет данных о стекле. Почему? С какими свойствами стекла связан этот факт?

8.6 Что такое полиморфизм? Какими специфическими чертами обладает полиморфный переход?

8.7 При  $13^{\circ}\text{C}$  происходит полиморфный переход олова. При этом оловянный образец может рассыпаться в песок (оловянная чума). Что можно

сказать о параметрах кристаллических структур соседствующих модификаций олова? Почему происходит разрушение образца при переходе?

8.8 Как из данных о теплотах плавления и парообразования оценить глубину потенциальной ямы потенциала парного взаимодействия молекул?

8.9 Что можно сказать о наклоне кривой сосуществования жидкой и кристаллической фазы галлия, если твердый галлий плавает в своем расплаве?

8.10 Что можно сказать о наклоне кривой сосуществования жидкой и кристаллической фазы свинца, если твердый свинец тонет в своем расплаве?

8.11 Объясните, почему почти все металлы при комнатной температуре имеют одинаковую молярную теплоемкость. Чему она равна?

8.12 Почти все металлы в кристаллическом состоянии при комнатной температуре имеют одинаковую молярную теплоемкость, а вот кристалл алмаза имеет заметно меньшее значение молярной теплоемкости. С чем это связано?

8.13 В чем состоит основная идея Эйнштейна качественного объяснения уменьшения теплоемкости кристаллов при понижении температуры?

8.15 Гипосульфит плавится при температуре  $48^{\circ}\text{C}$ . Если расплав тщательно отфильтровать и залить в чистую посуду с полированными стенками, то расплав можно остудить до  $20^{\circ}\text{C}$ , и при этом он не закристаллизуется. Объясните, почему такое возможно.

8.16 Почему кристаллические тела расширяются при нагревании?

8.17 Как связано с видом потенциала парного взаимодействия явление теплового расширения кристаллов?

## 9. Основные статистические понятия. Равновесное излучение

9.1 Рассмотрим произвольную макроскопическую систему в тепловом равновесии при комнатной температуре. Воспользовавшись определением термодинамической температуры, найдите процентное увеличение числа состояний, доступных системе, при увеличении ее энергии на  $10^{-3}$  эВ.

9.2 Рассмотрим произвольную макроскопическую систему в тепловом равновесии при комнатной температуре. Предположим, что данная система поглотила единичный фотон видимого света (имеющего длину волны  $5 \cdot 10^{-7}$  м). Во сколько раз увеличилось число доступных системе состояний?

9.3 Система состоит из  $N$  частиц, слабо взаимодействующих друг с другом. Каждая из частиц может находиться в одном из двух квантовых состояний с энергиями  $E_1$  и  $E_2$ , причем  $E_1 < E_2$ . Не проводя точных вычислений, начертите график примерного хода средней энергии  $\langle E \rangle$  системы в зависимости от ее термодинамической температуры  $T$ .

9.4  $N$  частиц, слабо взаимодействуют друг с другом. Каждая из частиц может находиться в одном из двух квантовых состояний с энергиями  $E_1$  и  $E_2$ ,

причем  $E_1 < E_2$ . Не проводя точных вычислений, определите, чему равно значение средней энергии  $\langle E \rangle$  в пределах малой и большой температуры?

9.5 Система состоит из  $N$  частиц, слабо взаимодействующих друг с другом. Каждая из частиц может находиться в одном из двух квантовых состояний с энергиями  $E_1$  и  $E_2$ , причем  $E_1 < E_2$ . В какой области значений температуры происходит переход от низкотемпературного до высокотемпературного предельного значения средней энергии  $\langle E \rangle$ ?

9.6 Система состоит из  $N$  частиц, слабо взаимодействующих друг с другом. Каждая из частиц может находиться в одном из двух квантовых состояний с энергиями  $E_1$  и  $E_2$ , причем  $E_1 < E_2$ . Получите выражение средней энергии системы. Проведите качественный анализ результата.

9.7 Используя статистическую сумму, рассчитайте среднее значение энергии квантового осциллятора в состоянии теплового равновесия при температуре  $T$ .

9.8 Почему обмен энергией между излучением и веществом должен тормозить тепловое движение молекул?

9.9 Что такое спектральная плотность излучения? Какую спектральную плотность предсказывает теория Рэлея-Джинса? В чем причина этого?

9.10 В виде плана изложите основные идеи теории равновесного излучения Рэлея-Джинса.

9.11 Объясните, почему классическое рассмотрение теплового равновесия излучения и вещества приводит к несуразному результату - вся энергия должна быть сосредоточена в излучении.

9.12 Объясните, почему средняя энергия высокочастотной моды в состоянии теплового равновесия с веществом гораздо меньше, чем  $kBT$ .

9.13 Почему при повышении температуры раскаленного тела его цвет изменяется от красного к голубому? Почему раскаленные тела не бывают фиолетовыми?

9.14 Как, на ваш взгляд, с повышением температуры изменяется число электромагнитных мод, участвующих в теплообмене?

9.15 Как зависит от температуры излучательный вклад в теплоемкость?

9.16 В раскаленном цилиндре с поршнем, находящемся при постоянной температуре, нет ничего кроме излучения. Поршень вдвигают, уменьшая объем. Как изменяется при этом давление излучения? На что идет работа при уменьшении объема полости при этом?

9.17 Стенки полости объемом  $1$  л нагреты до температуры  $1000$  К. Какого цвета свет, выходящий из полости через отверстие?

9.18 Стенки полости объемом  $1$  л нагреты до температуры  $1000$  К. Определите энергию фотонов частоты, соответствующей максимуму спектральной плотности, в единицах  $kBT$ . Как изменится ответ, если температуру удвоить?

9.19 Объясните, почему фотоэлемент, выставленный на свет проекционной лампы накаливания, дает переменный сигнал с частотой  $100 \text{ Гц}$ .

## 4. Контрольно-измерительные материалы по формам текущей деятельности

(Номера заданий из источника [2] списка основной литературы)

Модуль	Формы работы			
	Решение задач	Решение задач для самостоят. работы	Контрольные работы	Примеры тем рефератов
<b>1</b>	1.1-1.5, 2.2-2.7, 3.1-3.5, 4.3-4.8, 5.1-5.10	1.6-1.19, 2.1, 2.3-2.18, 3.6-3.15, 4.10-4.20, 5.11-5.13	1.17, 2.16, 3.11, 4.12, 5.12	1. Становление представлений об атомах и молекулах 2. История формирования понятий “идеальный газ”, “реальный газ”.
<b>2</b>	6.1-6.5, 7.1-7.5, 8.1-8.5, 9.1-9.5	6.6-6.15, 7.6-7.10, 8.6-8.12, 9.6-9.11	6.12, 7.8, 8.9, 9.8	1. Случайные процессы в природе  2. Приложения теории случайных блужданий
<b>3</b>	10.1-10.5, 11.1-11.5, 12.1-12.5, 13.1-13.5, 14.1-14.4	10.6-10.9, 11.6-11.15, 12.6-12.13, 13.6-13.9, 14.6-14.8	10.7, 11.12, 12.9, 13.8, 14.7	1. Методы исследования явлений диффузии и самодиффузии  2. Методы исследования броуновского движения  3. Анизотропия физических свойств твердых тел
<b>4</b>	15.1-15.5	15.6, 15.7	15.4-15.6	1. Становление представлений о квантовой теории теплоемкости и излучения

## **5. Правила техники безопасности**

При постановке всех физических опытов студенты должны соблюдать правила техники безопасности.

Неаккуратность, невнимательность, недостаточное знакомство с приборами ведут к несчастному случаю.

К любой работе можно приступать только в том случае, если все её этапы понятны и не вызывают никаких сомнений. При возникновении каких-либо неясностей следует немедленно обратиться к руководителю. Перед выполнением незнакомых операций, а также перед работой с новыми приборами каждый студент должен получить подробный инструктаж.

### **Работа с нагревательными приборами**

Нагревательные приборы нельзя ставить на крышку стола, их нужно ставить на асбестовый картон или основание штатива.

По современным требованиям техники безопасности пользование плитками с открытой спиралью запрещено.

### **Работа с реактивами**

1. При составлении растворов кислоты запрещается наливать воду в кислоту.
2. При разбавлении концентрированной кислоты следует пользоваться только стеклянной посудой; при растворении щелочей – керамической, стеклянной или чугуновой посудой.
3. Работу с растворами производить только в кювете.
4. Нельзя низко наклоняться над сосудами, в которые наливается раствор, т. к. капли могут попасть на лицо, в глаза.
5. Категорически запрещается выбрасывать в раковины несмешивающиеся с водой жидкости и твёрдые вещества, а также сильные яды.

## **Работа с ртутью**

Металлическая ртуть и соединения весьма токсичны. Особую опасность представляют пары металлической ртути, поскольку они бесцветны, не имеют запаха, и, в то же время, поступая в организм в течение длительного периода даже в ничтожных концентрациях, приводят к тяжелейшим хроническим отравлениям.

В настоящее время в лабораториях, кроме специально оборудованных, запрещено использование приборов с открытой поверхностью ртути. В повседневной работе основными источниками опасности являются мелкие приборы, в которых ртуть хорошо изолирована, например ртутные манометры для измерения остаточного давления и ртутные термометры, при поломке которых пролитая ртуть может отравить помещение.

В случае попадания ртути на мебель, на приборы или на пол, следует немедленно сообщить об этом руководителю и организовать самую тщательную уборку всего помещения. Следует учитывать, что металлическая ртуть очень подвижна, и мельчайшие ее шарики могут разбегаться далеко, попадая в щели, трещины и прочие труднодоступные места. Прежде всего, следует тщательно собрать все видимые капли ртути, сметая их волосяной кисточкой в «фунтики» из гладкой бумаги, как в совок. Собранную ртуть помещают в толстостенные банки с водой. НИ В КОЕМ СЛУЧАЕ НЕЛЬЗЯ ВЫБРАСЫВАТЬ РТУТЬ В РАКОВИНЫ ИЛИ МУСОРНЫЕ ВЕДРА.

## **Работа с огнеопасными веществами**

Хотя гореть или поддерживать горение может большинство веществ и материалов, наибольшую опасность в пожарном отношении представляют легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ) и горючие жидкости (ГЖ).

ЛВЖ и ГЖ занимают среди огнеопасных веществ особое место: они широко используются во многих лабораториях; их пары даже при комнатной температуре легко образуют с воздухом огнеопасные и взрывоопасные смеси. Максимальную осторожность следует проявлять при работе с диэтиловым эфиром. Его пары тяжелее воздуха и обладают свойством "растекаться" по поверхности лабораторного стола. Поэтому наличие огня, искрящего электрооборудования, раскалённых предметов и т. п. Даже на расстоянии 3-5 метров от места работы с эфиром может вызвать его вспышку. **ВОСПРЕЩАЕТСЯ РАБОТАТЬ С ОГНЕОПАСНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ ВБЛИЗИ ВКЛЮЧЕННЫХ ГОРЕЛОК ИЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ** — для воспламенения воздушно-газовой смеси достаточно искры, возникающей при пользовании электрическими выключателями, штепселями, и т. д.

Если случайно разольётся значительное количество горючих жидкостей, необходимо немедленно обесточить комнату общим рубильником, погасить огонь во всех источниках его, а место пролива засыпать песком, который затем надо собрать и вынести в место слива отходов ЛВЖ.

Залогом успешной ликвидации местных возгораний является оперативность и правильное применение средств огнетушения.

Применение **ПЕННЫХ ОГНЕТУШИТЕЛЕЙ** в лабораторных условиях неизбежно приводит к порче оборудования и может принести больше вреда, чем сама вспышка. Поэтому пенные огнетушители рекомендуют применять лишь для тушения крупных очагов пламени, когда другие средства мало эффективны.

Водой нельзя тушить не смешивающиеся с ней жидкости, например, бензин, петролейный эфир и др.

Небольшие очаги пламени иногда легко ликвидировать, засыпав их песком, накрыв асбестовым одеялом или мокрой тряпкой. Вместо

песка часто используют сухие порошковые огнетушители. Наиболее предпочтительным средством огнетушения в условиях лабораторий является УГЛЕКИСЛОТНЫЕ ОГНЕТУШИТЕЛИ. Имеющийся в них диоксид углерода не содержит воды и не причиняет вреда оборудованию. Углекислотные огнетушители весьма удобны и эффективны для тушения практически любых вспышек и пожаров на небольшой площади. Ими нельзя пользоваться при горении одежды на человеке. В этом случае незаменимы асбестовые или ВОЙЛОЧНЫЕ ОДЕЯЛА.

При возникновении вспышки очень важно ликвидировать ее в самом начале. Если этого не удалось сделать в первые несколько секунд и горение усиливается, следует немедленно позвать на помощь товарищей и вызвать пожарную команду, не прекращая борьбы с огнем. От участка загорания необходимо удалить все горючие материалы, выключить вентиляцию, газ, нагревательные приборы.

При воспламенении электрических приборов или проводов следует в первую очередь отключить электричество общим рубильником, затем потушить огонь углекислотным огнетушителем или песком.

### **Работа со стеклом**

Стекло – хрупкий материал и выдерживает лишь незначительные механические нагрузки. Применение физической силы при работе со стеклянным оборудованием не допускается.

Существует много способов разъединения заклинившихся шлифов – осторожное нагревание муфты пламенем спиртовки, смачивание шлифа растворителями (например, спиртом), легкое постукивание по муфте деревянным молоточком и т. п.

Большую осторожность следует проявлять при монтаже приборов из стекла. Все металлические лапки должны иметь мягкую прокладку на соприкасающихся со стеклом поверхностях.

Внутренний диаметр резиновых шлангов, предназначенных для соединения отдельных частей прибора, должен быть лишь ненамного меньше диаметра соединяемых стеклянных трубок. При надевании шланга трубку держат как можно ближе к концу, шланг слегка поворачивают. Для уменьшения трения рекомендуется слегка смазать надеваемый конец трубки глицерином или вазелиновым маслом.

**ИСПОЛЬЗОВАТЬ ПОСУДУ, ИМЕЮЩУЮ ТРЕЩИНЫ, КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩАЕТСЯ.**

Осколки разбитой посуды убирают только с помощью щетки и совка, но ни в коем случае не руками.

При вскрытии ампул и разрезании стеклянной трубки небольшого диаметра необходимо обернуть их полотенцем, слегка надпилить в нужном месте гранью напильника или специальным резцом (без нажима) и, упираясь в трубку большим пальцем с противоположной надпилу стороны, резко растянуть части трубки в разные стороны, слегка сводя их под углом. Если легкого усилия окажется недостаточно, следует углубить надпил и повторить описанный прием. **РАЗЛАМЫВАТЬ ТРУБКИ, НЕ ОБЕРНУВ ИХ ПРИ ЭТОМ ПОЛОТЕНЦЕМ, КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩАЕТСЯ.**

Рекомендуется также прикоснуться к надпилу раскаленным гвоздем или стеклянной палочкой и сразу же смочить это место каплей воды. Края разрезанной трубки следует немедленно оплавить.

Стеклянные приборы и посуду больших размеров можно переносить только двумя руками.

Стекло не выдерживает резких перепадов температур. Процессы, требующие нагревания выше 100°C, рекомендуется

проводить в посуде из термостойкого стекла. Особенно следует оберегать от неравномерного нагревания толстостенные стеклянные изделия- эксикаторы, колбы Бунзена, мерные цилиндры, массивные стеклянные краны и т. п. Их нельзя мыть очень горячей водой, помещать в разогретый сушильный шкаф, наливать в них горячие жидкости. В пробирках из термостойкого стекла наиболее уязвимы места спаев. При резком перепаде температур они могут дать трещину.

#### **Работа с электрическим током.**

6. Не включать источник электропитания без проверки схемы преподавателем или лаборантом.
7. Не прикасаться к проводкам, находящимся под напряжением.
8. Перед включением прибора надо убедиться, соответствует ли напряжение, на которое рассчитан прибор, напряжению сети.
9. Нельзя пользоваться для включения прибора голыми концами проводов.
10. Не прикасаться одновременно к токоведущим частям и мокрой стенке или металлической конструкции.
11. При регулировании силы тока реостатом необходимо начинать питание прибора при минимальном токе, увеличивая его постепенно до требуемой величины.
12. При окончании работы отключить источник питания.

#### **Первая помощь при поражении электрическим током.**

В случае поражения электрическим током, прежде всего, необходимо сухими предметами, палками или другими непроводящими электрический ток предметами отделить пострадавшего от токонесущей части. Категорически воспрещается дотрагиваться голый рукой до находящегося под напряжением человека. Действовать нужно одной рукой.

Если пострадавший потерял сознание, необходимо срочно вызвать врача, а до его прихода делать искусственное дыхание. Пострадавшего следует уложить на чистом воздухе, расстегнуть одежду, дать понюхать нашатырного спирта, обрызгать водой, растереть и согреть тело.

Зав. Кафедрой:

Инженер по ТБ:

# Литература

## Основная:

1. А.А. Иванов, Молекулярная физика, Красноярск: РИО КГПУ, 1997.–228 с.
2. В.А. Орлов, Задачи по курсу молекулярная физика, Красноярск: РИО КГПУ, 2002. – 56с..
3. В.А. Орлов, С.И. Смирнов Лабораторный практикум по молекулярной физике, Красноярск: РИО КГПУ, 2002. – 174 с.
4. Ландау Л.Д, Курс общей физики
5. Р. Фейнман, Р. Лейтон, Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т. 4: Кинетика, теплота, звук. М.: Мир, 1967. – 264 с.
6. Сивухин Д.В. Термодинамика и молекулярная физика. Т. 2. М.: Наука, 1990. – 592 с.
7. Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс, Фейнмановские лекции по физике. Задачи и упражнения. М.: Мир, 1978. - 544 с.
8. В.С. Волькенштейн, Сборник задач по общему курсу физики. М.: Наука, 1969. - 464 с.
9. И.И. Воробьев, П.И. Зубков, Г.А. Кутузова, О.Я. Савченко, А.М. Трубачев, В.Г. Харитонов, Задачи по физике / Под ред. О.Я. Савченко. М.: Наука, 1988. - 416 с.
10. А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братковский. и др. Физические величины. Справочник / Под. ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. М.: Энергоатомиздат, 1991. - 1232 с.
11. Лабораторные занятия по физике. / Под ред. Л.Л. Гольдина. М.: Наука, 1983.
12. И.В. Савельев, Курс общей физики: Молекулярная физика и термодинамика. М.: Наука, ФизМатЛит, 1998.

## Дополнительная:

13. В.Г. Зубов, В.П. Шальнов, Задачи по физике. М.: Наука, 1975, - 280 с.
14. Е.И. Бабаджан, В.И. Гервидс, В.М. Дубовик, Э.А. Нерсесов, Сборник качественных вопросов и задач по общей физике. М.: Наука, 1990. - 398 с.
15. Д.И. Сахаров, Сборник задач по физике. М.: Просвещение, 1973. - 288 с.
16. И.Е. Иродов, И.В. Савельев, О.И. Замша, Сборник задач по общей физике. М.: Наука, 1975. - 320 с.
17. В.Л. Гинзбург, Л.М. Левин, М.С. Рабинович, Д.В. Сивухин, Е.С. Четверикова, Сборник задач по общему курсу физики. М.: Наука, 1964. - 420 с.
18. Л.П. Баканина, В.Е. Белонучкин, С.М. Козел, И.П. Мазанько, Сборник задач по физике / Под ред. С.М. Козела. М.: Наука, 1990. - 352 с.
19. И.В. Савельев, Сборник вопросов и задач по физике. М.: Наука, 1982. - 272 с.
20. А.Г. Сосновский, Н.И. Столярова, Измерение температур. - М.: 1970.
21. Элементарный учебник физики. Т. 1. / Под ред. Г.С. Ландсберга. - М.: Наука, 1973.
22. Демонстрационный эксперимент по физике. Т. 1. / Под ред. А.А. Покровского. М.: Просвещение, 1978.
23. Я.А. Смородинский, Температура. Новое в жизни, науке, технике // Серия физика №11. - 1977.
24. Практикум по общей физике. / Под ред. В.Ф. Назарова – М.: Просвещение, 1971.
25. Е.А. Штрауф, Курс физики. Т. 1. - Л.: Судпромгиз, 1961.
26. Е.М. Гершензон Е.М, Н.Н. Малов, В.С. Эткин, Курс общей физики: Молекулярная физика. М.: Просвещение, 1982.

27. В.В. Майер, Простые опыты с ультразвуком. М.: Наука, 1978.
28. А.Н. Матвеев, Молекулярная физика. М.: Высшая школа, 1981.
29. Лабораторный практикум по физике. / Под ред. А.С. Ахматова. М.: Просвещение, 1971.
30. М.П. Шаскольская, Кристаллы. М.: Наука, 1978.
31. Физика: Учебное пособие для 10 класса школ и классов с углубленным изучением физики. М.: Просвещение, 1993.



# ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ОБУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЕ

## Молекулярная физика

(наименование)

для студентов ООП

440305 – “Педагогическое образование”, профили “Физика и Технология”

(наименование, шифр)

по очной форме обучения

(общая трудоемкость 6 з.е.)

Модули. Наименование разделов и тем	Всего часов (з.е.)	Аудиторных часов		Внеаудиторных часов	Результаты обучения и воспитания		Формы и методы контроля
		Лекции	Лабораторных		Знания, умения, навыки	компетенции	
<b>Модуль 1</b> «Молекулярно-кинетическая теория и элементы термодинамики»	<b>56 (1.75)</b>	<b>12</b>	<b>28</b>	<b>16</b>	Системный подход к анализу литературы. Навыки поиска информации в сети интернет и каталогизация. Умение решать учебные качественные задачи МКТ. Овладение навыками работы с измерительным оборудованием.	ОК-1,2,4,6,7,9,10,16 ОПК-3,5 ПК-7,11,12,13	Защита лабораторных работ.  Защита самостоятельно решенных задач.
Учебный элемент 1.1 «Молекулы. Тепловое равновесие»	28(0.875)	6	14	8	Умение решать учебные качественные задачи МКТ. Овладение навыками работы с	ОК-1,2,4,6,7,9,10,16 ОПК-3,5 ПК-7,11,12,13	Защита лабораторных работ.

					измерительным оборудованием. Владение методами оценки достоверности получаемых результатов		Защита самостоятельных решенных задач.
Учебный элемент 1.2 «Идеальный газ. Первое начало термодинамики»	28(0.875)	6	14	8	Умение решать учебные качественные задачи МКТ. Владение навыками работы с измерительным оборудованием. Владение методами оценки достоверности получаемых результатов	ОК-1,2,4,6,7,9,10,16 ОПК-3,5 ПК-7,11,12,13	Защита лабораторных работ.  Защита самостоятельных решенных задач.
<b>Модуль 2</b> «Вероятностный подход в описании макросистем»	<b>32(1)</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>16</b>	Умение решать учебные качественные задачи МКТ. Владение навыками работы с измерительным оборудованием. Владение методами оценки достоверности получаемых результатов	ОК-1,2,4,6,7,9,10,16 ОПК-3,5 ПК-7,11,12,13	Защита лабораторных работ.  Защита самостоятельных решенных задач.
Учебный элемент 2.1 «Второе начало термодинамики»	18(0.5625)	6	4	8	Умение решать учебные качественные задачи МКТ. Владение навыками работы с измерительным оборудованием. Владение методами оценки достоверности получаемых результатов	ОК-1,2,4,6,7,9,10,16 ОПК-3,5 ПК-7,11,12,13	Защита лабораторных работ.  Защита самостоятельных решенных задач.

Учебный элемент 2.2 «Вероятные и невероятные состояния»	14(0.4375)	6		8	Умение решать учебные качественные задачи МКТ. Овладение навыками работы с измерительным оборудованием. Овладение методами оценки достоверности получаемых результатов	ОК-1,2,4,6,7,9,10,16 ОПК-3,5 ПК-7,11,12,13	Защита лабораторных работ.  Защита самостоятельно решенных задач.
<b>Модуль 3.</b> «Агрегатные состояния»	<b>78(2.4375)</b>	<b>16</b>	<b>38</b>	<b>24</b>	Умение решать учебные качественные задачи МКТ. Овладение навыками работы с измерительным оборудованием. Овладение методами оценки достоверности получаемых результатов	ОК-1,2,4,6,7,9,10,16 ОПК-3,5 ПК-7,11,12,13	Защита лабораторных работ.  Защита самостоятельно решенных задач.
Учебный элемент 3.1 «Газы»	26(0.8125)	6	12	8	Умение решать учебные качественные задачи МКТ. Овладение навыками работы с измерительным оборудованием. Овладение методами оценки достоверности получаемых результатов	ОК-1,2,4,6,7,9,10,16 ОПК-3,5 ПК-7,11,12,13	Защита лабораторных работ.  Защита самостоятельно решенных задач.
Учебный элемент 3.2 «Жидкости»	24(0.75)	4	12	8	Умение решать учебные качественные задачи МКТ. Овладение навыками работы с измерительным оборудованием.	ОК-1,2,4,6,7,9,10,16 ОПК-3,5 ПК-7,11,12,13	Защита лабораторных работ.  Защита самостоятельно

					Овладение методами оценки достоверности получаемых результатов		о решенных задач.
Учебный элемент 3.3 «Твердые тела»	28(0.875)	6	14	8	Умение решать учебные качественные задачи МКТ. Овладение навыками работы с измерительным оборудованием. Овладение методами оценки достоверности получаемых результатов	ОК-1,2,4,6,7,9,10,16 ОПК-3,5 ПК-7,11,12,13	Защита лабораторных работ.  Защита самостоятельных решенных задач.
<b>Модуль 4.</b> «Элементы статистического описания систем»	<b>14(0.4375)</b>	<b>6</b>		<b>8</b>	Умение решать учебные качественные задачи МКТ. Овладение навыками работы с измерительным оборудованием. Овладение методами оценки достоверности получаемых результатов	ОК-1,2,4,6,7,9,10,16 ОПК-3,5 ПК-7,11,12,13	Защита лабораторных работ.  Защита самостоятельных решенных задач.
Учебный элемент 4.1 «Методы статистической механики в молекулярно-кинетической теории»	14(0.4375)	6		8	Умение решать учебные качественные задачи МКТ. Овладение навыками работы с измерительным оборудованием. Овладение методами оценки достоверности получаемых результатов	ОК-1,2,4,6,7,9,10,16 ОПК-3,5 ПК-7,11,12,13	Зачет. Экзамен.
<b>Итого</b>	<b>180</b>	<b>46</b>	<b>70</b>	<b>64</b>			

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Молекулярная физика

(наименование)

для студентов ООП

440305 – “Педагогическое образование”, профили “Физика и Технология”

(наименование, шифр)

по очной форме обучения

Номер модуля	Номер темы	Трудоемкость и сроки выполнения	Планируемые результаты (компетенции)	Содержание	Основные учебные действия	Формы и методы самоконтроля	Формы и методы контроля и оценивания
1	1.1	2 недели (8 ч)	ОК-1,2,4,6,7,9,10,16 ОПК-3,5 ПК-7,11,12,13	Становление представлений об атомах и молекулах	Работа с литературой. Самостоятельное решение задач.	Сравнение с известными результатами. Не противоречиво ть законам.	Устная защита результатов деятельности
	1.2	2 недели (8 ч)	ОК-1,2,4,6,7,9,10,16 ОПК-3,5 ПК-7,11,12,13	История формирования понятий “идеальный газ”, “реальный газ”.	Работа с литературой. Самостоятельное решение задач.	Сравнение с известными результатами. Не противоречиво ть законам.	Устная защита результатов деятельности

2	2.1	2 недели (8 ч)	ОК-1,2,4,6,7,9,10,16 ОПК-3,5 ПК-7,11,12,13	Случайные процессы в природе	Работа с литературой. Самостоятельное решение задач.	Сравнение с известными результатами. Не противоречивость законам.	Устная защита результатов деятельности
	2.2	2 недели (8 ч)	ОК-1,2,4,6,7,9,10,16 ОПК-3,5 ПК-7,11,12,13	Приложения теории случайных блужданий	Работа с литературой. Самостоятельное решение задач.	Сравнение с известными результатами. Не противоречивость законам.	Устная защита результатов деятельности
3	3.1	2 недели (8 ч)	ОК-1,2,4,6,7,9,10,16 ОПК-3,5 ПК-7,11,12,13	Методы исследования явлений диффузии и самодиффузии	Работа с литературой. Самостоятельное решение задач.	Сравнение с известными результатами. Не противоречивость законам.	Устная защита результатов деятельности. Письменные контрольные работы
	3.2	1 неделя (8 ч)	ОК-1,2,4,6,7,9,10,16 ОПК-3,5 ПК-7,11,12,13	Методы исследования броуновского движения	Работа с литературой. Самостоятельное решение задач.	Сравнение с известными результатами. Не противоречивость законам.	Устная защита результатов деятельности. Письменные контрольные работы
	3.3	2 недели (8 ч)	ОК-1,2,4,6,7,9,10,16 ОПК-3,5 ПК-7,11,12,13	Анизотропия физических свойств твердых тел	Работа с литературой. Самостоятельное решение задач.	Сравнение с известными результатами. Не противоречивость законам.	Устные выступления, рефераты. Письменные контрольные работы
4	4.1	3 недели (8 ч)	ОК-1,2,4,6,7,9,10,16 ОПК-3,5 ПК-7,11,12,13	Становление представлений о квантовой теории теплоемкости и излучения	Работа с литературой. Самостоятельное решение задач.	Сравнение с известными результатами. Не противоречивость законам.	Устные выступления, рефераты.

--	--	--	--	--	--	--	--

**Протокол согласования учебной программы с другими дисциплинами направления и профиля  
на 2014\_\_ / \_\_2014\_\_ учебный год**

Наименование дисциплин, изучение которых опирается на данную дисциплину	Кафедра	Предложения об изменениях в дидактических единицах, временной последовательности изучения и т.д.	Принятое решение (протокол №, дата) кафедрой, разработавшей программу
Математика	Матанализа	Уделить внимание изучению вероятностный распределений, элементам комбинаторики	Протокол № 2 от 25 октября 2014 года
Физика твердого тела	Физики	Подчеркнуть связь особых свойств кристаллических твердых тел с их тепловыми свойствами. Уделить внимание квантовому подходу в описании тепловых свойств решеток.	Протокол № 2 от 25 октября 2014 года

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

Председатель НМС

---

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

**3.2.3.4. Лист внесения изменений**

Дополнения и изменения в учебной программе на 201\_\_ / \_\_\_\_\_ учебный год

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

- 1.
- 2.
- 3.

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_

Внесенные изменения утверждаю

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Декан факультета (директор института) \_\_\_\_\_

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

**АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ И ПЕРЕЧЕНЬ КОРРЕКТИРУЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

Молекулярная физика

---

(наименование)

для студентов ООП

---

440305 – “Педагогическое образование”, профили “Физика и Технология”

---

(наименование, шифр)

по очной форме обучения

**КАРТА ЛИТЕРАТУРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Молекулярная физика

(наименование)

для студентов ООП

440305 – “Педагогическое образование”, профили “Физика и Технология”

(наименование, шифр)

по очной форме обучения

№ п/п	Наименование	Наличие место/ (кол-во экз.)	Потребность	Примечания
	Обязательная литература			
	<b>Модуль 1</b>			
1	Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс, Фейнмановские лекции по физике. Задачи и упражнения. М.: Мир, 1978. - 544 с.	Библ, каф., /2	5	
2	А.А. Иванов, Молекулярная физика, т.4., Красноярск, РИО КГПУ, 1997 г., 228 с.	Библ. /1	50	
3	В.А. Орлов Задачи по курсу молекулярная физика, Красноярск: РИО КГПУ, 2002. – 56с..	Библ., Каф., /20	20	
4	В.А. Орлов, С.И. Смирнов Лабораторный практикум по молекулярной физике, Красноярск: РИО КГПУ, 2002. – 174 с.	Библ., Каф., /20	20	
5	Р. Фейнман, Р. Лейтон, Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т. 4: Кинетика, теплота, звук. М.: Мир, 1967. – 264 с.	Библ., Каф., /10	15	
6	Лабораторные занятия по физике. / Под ред. Л.Л. Гольдина. М.: Наука, 1983.	Библ., Каф., Лаборатория /10	15	
	<b>Модуль 2</b>			
1	Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс, Фейнмановские лекции по физике. Задачи и упражнения. М.: Мир, 1978. - 544 с.	Библ, каф., /2	15	

2	А.А. Иванов, Молекулярная физика, т.4., Красноярск, РИО КГПУ, 1997 г., 228 с.	Библ. /1	50	
3	В.А. Орлов Задачи по курсу молекулярная физика, Красноярск: РИО КГПУ, 2002. – 56с..	Библ., Каф., /20	20	
4	В.А. Орлов, С.И. Смирнов Лабораторный практикум по молекулярной физике, Красноярск: РИО КГПУ, 2002. – 174 с.	Библ., Каф., /20	20	
5	Р. Фейнман, Р. Лейтон, Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т. 4: Кинетика, теплота, звук. М.: Мир, 1967. – 264 с.	Библ., Каф., /10	15	
6	Лабораторные занятия по физике. / Под ред. Л.Л. Гольдина. М.: Наука, 1983.	Библ., Каф., Лаборатория /10	15	
<b>Модуль 3</b>				
1	Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс, Фейнмановские лекции по физике. Задачи и упражнения. М.: Мир, 1978. - 544 с.	Библ, каф., /2	15	
2	А.А. Иванов, Молекулярная физика, т.4., Красноярск, РИО КГПУ, 1997 г., 228 с.	Библ. /1	50	
3	В.А. Орлов Задачи по курсу молекулярная физика, Красноярск: РИО КГПУ, 2002. – 56с..	Библ., Каф., /20	20	
4	В.А. Орлов, С.И. Смирнов Лабораторный практикум по молекулярной физике, Красноярск: РИО КГПУ, 2002. – 174 с.	Библ., Каф., /20	20	
5	Р. Фейнман, Р. Лейтон, Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т. 4: Кинетика, теплота, звук. М.: Мир, 1967. – 264 с.	Библ., Каф., /10	15	
6	Лабораторные занятия по физике. / Под ред. Л.Л. Гольдина. М.: Наука, 1983.	Библ., Каф., Лаборатория /10	15	
7	И.В. Савельев, Курс общей физики: Молекулярная физика и термодинамика. М.: Наука, ФизМатЛит, 1998	Библ., /10	15	
8	А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братковский. и др. Физические величины. Справочник / Под. ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. М.: Энергоатомиздат, 1991. - 1232 с.	Библ., Каф., /2	15	
9	Сивухин Д.В. Термодинамика и молекулярная физика. Т. 2. М.: Наука, 1990. –	Библ., Каф., /10	15	

	592 с.			
	<b>Модуль 4</b>			
1	Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс, Фейнмановские лекции по физике. Задачи и упражнения. М.: Мир, 1978. - 544 с.	Библ, каф., /2	15	
2	А.А. Иванов, Молекулярная физика, т.4., Красноярск, РИО КГПУ, 1997 г., 228 с.	Библ. /1	50	
3	В.А. Орлов Задачи по курсу молекулярная физика, Красноярск: РИО КГПУ, 2002. – 56с..	Библ., Каф., /20	20	
4	Р. Фейнман, Р. Лейтон, Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т. 4: Кинетика, теплота, звук. М.: Мир, 1967. – 264 с.	Библ., Каф., /10	15	
5	И.В. Савельев, Курс общей физики: Молекулярная физика и термодинамика. М.: Наука, ФизМатЛит, 1998	Библ., /10	15	
6	А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братковский. и др. Физические величины. Справочник / Под. ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. М.: Энергоатомиздат, 1991. - 1232 с.	Библ., Каф., /2	15	
7	Сивухин Д.В. Термодинамика и молекулярная физика. Т. 2. М.: Наука, 1990. – 592 с.	Библ., Каф., /10	15	
8	Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс, Фейнмановские лекции по физике. т. 8-9 М.: Мир, 1978. - 544 с.	Библ, каф., /2	15	

(включая источники на электронных носителях, базы информационных ресурсов)

**КАРТА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ УЧЕБНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ ДИСЦИПЛИНЫ**

Молекулярная физика

(наименование)

для студентов ООП

440305 – “Педагогическое образование”, профили “Физика и Технология”

(наименование, шифр)

по очной форме обучения

№ п/п	Наименование	Вид	Форма доступа	Рекомендуемое использование	Потребность	Альтернатив. замены	Отв.	Стоимость
1	Лабораторные и демонстрационные установки	Лабораторное оборудование	Лаборатории кафедры	На аудиторных занятиях	Согласно карте обеспеченности оборудованием	Комплексы виртуальных лабораторий по физике	Орлов ВА	
2	Презентации к лекциям согласно программе дисциплине	Печатный. Электронный	Кафедра	Проведение аудиторных занятий, самостоятельная работа	1 комплекта	Публичные обучающие ресурсы в Интернет	Орлов ВА	
3	Комплекты научной периодики (журналы отечественные и зарубежные)	Печатный. Электронный	Библиотека. Кафедра, ИФ СО РАН.	Проведение аудиторных занятий, самостоятельная работа	1 комплект	В рекомендованной литературе	Орлов ВА	
4	Комплекты справочников	Печатный, Электронный	Лаборатории кафедры	Проведение аудиторных занятий, самостоятельная работа	1 комплект		Орлов ВА	
5	Компьютерные программы специального назначения для	Электронный	Лаборатории кафедры	Проведение аудиторных занятий, самостоятельная работа	1 комплект		Орлов В.А.	

обработки результатов измерений								
---------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

**КАРТА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ОБОРУДОВАНИЕМ ДИСЦИПЛИНЫ**

Молекулярная физика

(наименование)

для студентов ООП

440305 – “Педагогическое образование”, профили “Физика и Технология”

(наименование, шифр)

по очной форме обучения

№ п/п	Наименование	Кол-во	Форма использования	Ответственный
	<b>Лаборатория молекулярной и атомной физики</b>			
1	Наглядные пособия и демонстрационные материалы	1	Демонстрация на лекциях и лабораторных занятиях	Зав. Лаборат.
2	Компьютеры	4	Обеспечение автоматической обработки измерений при проведении лабораторных занятий	Зав. Лаборат.
3	Лабораторное стекло	-	В составе лабораторных установок	Зав. Лаборат.
4	Электроизмерительные приборы (мультиметры, амперметры, вольтметры)	-	В составе лабораторных установок	Зав. Лаборат.
5	Блоки питания	6	В составе лабораторных установок	Зав. Лаборат.
6	Термопары и термометры сопротивления	-	В составе лабораторных установок	Зав. Лаборат.
7	Набор химических реактивов	-	Расходный материал для лабораторных работ	Зав. Лаборат.
8	Штативы и крепеж	-	В составе лабораторных установок	Зав. Лаборат.
9	Инструмент	-	Для монтажа установок	Зав. Лаборат.
10	Комплект справочной литературы	-		Зав. Лаборат.

11	Осциллографы	2	В составе лабораторных установок	Зав. Лаборат.
12	Насосы	5	В составе лабораторных установок	Зав. Лаборат.
13	Лазеры	1	В составе лабораторных установок	Зав. Лаборат.
14	Реостаты	-	В составе лабораторных установок	Зав. Лаборат.
15	Реохордный мост	1	В составе лабораторных установок	Зав. Лаборат.
16	Измеритель L-C	1	В составе лабораторных установок	Зав. Лаборат.
17	Цифровая измерительная лаборатория "L-micro"	1		Зав. Лаборат.
18	Цифровая измерительная лаборатория "Архимед"	1		Зав. Лаборат.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА РЕЙТИНГА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины/курса	Уровень/ступень образования (бакалавриат, магистратура)	Статус дисциплины в рабочем учебном плане (А, В, С)	Количество зачетных единиц/кредитов
Молекулярная физика	Бакалавр	А	6 кредитов (ЗЕТ)
Смежные дисциплины по учебному плану			
Предшествующие: Математика, Информатика, Теория вероятностей, Механика, Оптика, Электродинамика			
Последующие: Квантовая физика, Физика твердого тела, Статистическая физика			

МОДУЛЬ № 1			
	Форма работы	Количество баллов	
		min	max
Текущая работа	Посещаемость занятий (1 занятие – 1 балл)	<b>0</b>	<b>6</b>
	Решение задач, 1 задача – 1 балл	<b>0</b>	<b>5</b>
	Реферат	<b>5</b>	<b>10</b>
	Активность	<b>10</b>	<b>14</b>
	Решения задач для самостоятельной работы	<b>15</b>	<b>20</b>
	Защита лабораторных работ	<b>20</b>	<b>25</b>
Промежуточный рейтинг-контроль	Контрольная работа	<b>10</b>	<b>20</b>

Итого	<b>60</b>	<b>100</b>
-------	-----------	------------

**МОДУЛЬ № 2**

	Форма работы	Количество баллов	
		min	max
Текущая работа	Посещаемость занятий (1 занятие – 1 балл)	<b>0</b>	<b>6</b>
	Решение задач, 1 задача – 1 балл	<b>0</b>	<b>5</b>
	Реферат	<b>5</b>	<b>10</b>
	Активность	<b>10</b>	<b>14</b>
	Решения задач для самостоятельной работы	<b>15</b>	<b>20</b>
	Защита лабораторных работ	<b>20</b>	<b>25</b>
Промежуточный рейтинг- контроль	Контрольная работа	<b>10</b>	<b>20</b>
Итого		<b>60</b>	<b>100</b>

**МОДУЛЬ № 3**

	Форма работы	Количество баллов	
		Min	max
Текущая работа	Посещаемость занятий (1 занятие – 1 балл)	<b>0</b>	<b>6</b>
	Решение задач, 1 задача – 1 балл	<b>0</b>	<b>5</b>
	Реферат	<b>5</b>	<b>10</b>
	Активность	<b>10</b>	<b>14</b>

	Решения задач для самостоятельной работы	<b>15</b>	<b>20</b>
	Защита лабораторных работ	<b>20</b>	<b>25</b>
Промежуточный рейтинг-контроль	Контрольная работа	<b>10</b>	<b>20</b>
<b>Итого</b>		<b>60</b>	<b>100</b>

<b>МОДУЛЬ № 4</b>			
	Форма работы	Количество баллов	
		min	max
Текущая работа	Посещаемость (1 занятие – 1 балл)	<b>0</b>	<b>4</b>
	Решение задач, 1 задача – 1 балл	<b>5</b>	<b>12</b>
	Реферат	<b>10</b>	<b>20</b>
	Активность	<b>15</b>	<b>20</b>
	Решения задач для самостоятельной работы	<b>20</b>	<b>24</b>
Промежуточный рейтинг-контроль	Контрольная работа	<b>10</b>	<b>20</b>
<b>Итого</b>		<b>60</b>	<b>100</b>

ФИО преподавателя: Орлов В.А. \_\_\_\_\_

Утверждено на заседании кафедры «\_\_»\_\_\_\_\_201\_\_г. Протокол №\_\_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_





# Молекулярная физика

Методические указания для преподавателей и студентов по организации практических занятий и самостоятельной работы студентов

Красноярск 2015

Настоящая рабочая модульная программа дисциплины (далее программа) составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по специальности 050100.62 – Педагогическое образование, профиль Физика и информатика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации 17 января 2011 г., номер государственной регистрации № 46, на основе Примерной программы дисциплины «Основы теоретической физики, раздел - Статистическая физика».

Программа устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям студента и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих данную дисциплину, и студентов, участвующих в процессе изучения дисциплины.

### **Виды самостоятельной работы и их объем**

Учебным планом дисциплины на самостоятельную работу студенту отведено 64 часа. В самостоятельную входят следующие виды работ:

6. Решение задач.
7. Знакомство с историей открытия изучаемых физических явлений.
8. Подготовка устных докладов и рефератов по некоторым проблемам изучаемого раздела физики.

Порядок выполнения видов самостоятельной работы указан в приложении.

9. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ. Из полного списка задач (см. приложение) преподавателем отбирается часть для самостоятельного решения (уровень задач определяется по уровню подготовки студентов). Решенные задачи студенты защищают в произвольной форме преподавателю. Необходимо выполнить минимум по количеству задач, как компонент для получения зачета по дисциплине. Задачи для аудиторного решения должны отражать важнейшую суть изучаемых явлений и законов.
10. ЗНАКОМСТВО С ИСТОРИЕЙ ОТКРЫТИЯ ИЗУЧАЕМЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ. Эта часть самостоятельной деятельности представляет собой плотную работу с литературой по поиску исторических фактов о научном поиске как отдельных ученых, так и исследовательских групп.
11. ПОДГОТОВКА УСТНЫХ ДОКЛАДОВ И РЕФЕРАТОВ ПО НЕКОТОРЫМ ПРОБЛЕМАМ ИЗУЧАЕМОГО РАЗДЕЛА ФИЗИКИ. Деятельность студента в этом разделе - подготовка рефератов и устных докладов по

освещению явлений и законов, которые (за не имением времени) оказались за рамками стандарта данной учебной дисциплины. Главный источник информации – литература, Интернет. Очень приветствуется работа в глобальной сети, так как обширная информация научного толка содержится на официальных сайтах научно-исследовательских институтов. Для моделирования некоторых явлений в распоряжении студентов находятся мастерские факультета и компьютерная техника лаборатории Атомной физики и Молекулярной физики.

### **Примерные тестовые задания для текущего контроля усвоения знаний.**

В конце каждого изучаемого модуля рекомендуется проводить контрольное занятие. Контрольные вопросы отражают степень усвоения основных понятий и явлений, изученные в данном модуле и способность студентов применить эти знания при практическом решении задач. Ниже приведены пример трех контрольных тестов для каждого из трех модулей дисциплины.

### **Рекомендации для студентов по работе с УМКД**

Студенты должны иметь свободный доступ к материалам комплекса в электронном или печатном варианте (электронный предпочтительней). В университетской сети УМКД “Квантовая физика” находится на диске “public” и доступно для скачивания. Следует обратить особое внимание студентов на следующие разделы комплекса:

- 65534. Правила техники безопасности в лаборатории
- 65533. Задачи для самостоятельного решения
- 65532. Списки рекомендованной литературы
- 65531. Содержание лекционного курса.

Несмотря на обязательное знакомство с правилами безопасности на первом аудиторном занятии, каждый студент должен иметь их копию в тетради по отчету за выполненные работы.

То же касается списка задач для самостоятельного и аудиторного решения. Этот список доступен как в электронном виде (в составе этого УМКД), так и виде печатного издания (более полного).

Следует обратить внимание студентов на необходимость регулярной работы с литературой из рекомендованного списка. Проработка лекций на основе рекомендованных изданий должна быть обязательной – это является залогом успеха в освоении материала, который лишь вскользь затрагивается на лекциях.

Доступ студентов к плану лекций так же крайне желательным, поскольку позволяет наиболее способным из них с опережением знакомиться с изучаемым материалом. В этом случае эффективность лекционных занятий повышается, а это способствует более быстрому и глубокому усвоению даже относительно сложного материала.

### **Рекомендации для студентов по МРС**

Каждый студент должен быть ознакомлен со структурой модулей дисциплины и правилами начислений баллов за разные виды учебной деятельности.

Обязательными для ознакомления являются:

-65530. Технологическая карта дисциплины

-65529. Приложения к журналу рейтинга

#### **СООТВЕТСТВИЕ РЕЙТИНГОВЫХ БАЛЛОВ И АКАДЕМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ**

<i>Общее количество набранных баллов</i>	<i>Академическая оценка</i>
<b>60 – 72</b>	<b>3 (удовлетворительно)</b>
<b>73 – 86</b>	<b>4 (хорошо)</b>
<b>87 – 100</b>	<b>5 (отлично)</b>

Любые другие виды учебной деятельности (в т.ч. творческие), не упомянутые в технологической карте, но способствующие усвоению материала приветствуются и соответственно оцениваются. Например: изготовление

самодельных приборов и установок, разработка оригинальных задач, решение экспериментальных задач, научная деятельность...

## Молекулярная физика

Методические указания для преподавателей и студентов по организации практических занятий и самостоятельной работы студентов

Красноярск 2015

Настоящая рабочая модульная программа дисциплины (далее программа) составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по специальности 050100.62 – Педагогическое образование, профиль Физика и информатика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации 17 января 2011 г., номер государственной регистрации № 46, на основе Примерной программы дисциплины «Основы теоретической физики, раздел - Статистическая физика».

Программа устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям студента и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих данную дисциплину, и студентов, участвующих в процессе изучения дисциплины.

### **Виды самостоятельной работы и их объем**

Учебным планом дисциплины на самостоятельную работу студенту отведено 64 часа. В самостоятельную входят следующие виды работ:

- 65528. Решение задач.
- 65527. Знакомство с историей открытия изучаемых физических явлений.
- 65526. Подготовка устных докладов и рефератов по некоторым проблемам изучаемого раздела физики.

Порядок выполнения видов самостоятельной работы указан в приложении.

- 65525. **РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ.** Из полного списка задач (см. приложение) преподавателем отбирается часть для самостоятельного решения (уровень задач определяется по уровню подготовки студентов). Решенные задачи студенты защищают в произвольной форме преподавателю. Необходимо выполнить минимум по количеству задач, как компонент для получения зачета по дисциплине. Задачи для аудиторного решения должны отражать важнейшую суть изучаемых явлений и законов.
- 65524. **ЗНАКОМСТВО С ИСТОРИЕЙ ОТКРЫТИЯ ИЗУЧАЕМЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ.** Эта часть самостоятельной деятельности представляет собой плотную работу с литературой по поиску исторических фактов о научном поиске как отдельных ученых, так и исследовательских групп.
- 65523. **ПОДГОТОВКА УСТНЫХ ДОКЛАДОВ И РЕФЕРАТОВ ПО НЕКОТОРЫМ ПРОБЛЕМАМ ИЗУЧАЕМОГО РАЗДЕЛА ФИЗИКИ.** Деятельность студента в этом разделе - подготовка рефератов и устных

докладов по освещению явлений и законов, которые (за не имением времени) оказались за рамками стандарта данной учебной дисциплины. Главный источник информации – литература, Интернет. Очень приветствуется работа в глобальной сети, так как обширная информация научного толка содержится на официальных сайтах научно-исследовательских институтов. Для моделирования некоторых явлений в распоряжении студентов находятся мастерские факультета и компьютерная техника лаборатории Атомной физики и Молекулярной физики.

### **Примерные тестовые задания для текущего контроля усвоения знаний.**

В конце каждого изучаемого модуля рекомендуется проводить контрольное занятие. Контрольные вопросы отражают степень усвоения основных понятий и явлений, изученные в данном модуле и способность студентов применить эти знания при практическом решении задач. Ниже приведены пример трех контрольных тестов для каждого из трех модулей дисциплины.

### **Рекомендации для студентов по работе с УМКД**

Студенты должны иметь свободный доступ к материалам комплекса в электронном или печатном варианте (электронный предпочтительней). В университетской сети УМКД “Квантовая физика” находится на диске “public” и доступно для скачивания. Следует обратить особое внимание студентов на следующие разделы комплекса:

- 65522. Правила техники безопасности в лаборатории
- 65521. Задачи для самостоятельного решения
- 65520. Списки рекомендованной литературы
- 65519. Содержание лекционного курса.

Несмотря на обязательное знакомство с правилами безопасности на первом аудиторном занятии, каждый студент должен иметь их копию в тетради по отчету за выполненные работы.

То же касается списка задач для самостоятельного и аудиторного решения. Этот список доступен как в электронном виде (в составе этого УМКД), так и виде печатного издания (более полного).

Следует обратить внимание студентов на необходимость регулярной работы с литературой из рекомендованного списка. Проработка лекций на основе рекомендованных изданий должна быть обязательной – это является залогом успеха в освоении материала, который лишь вскользь затрагивается на лекциях.

Доступ студентов к плану лекций так же крайне желательным, поскольку позволяет наиболее способным из них с опережением знакомиться с изучаемым материалом. В этом случае эффективность лекционных занятий повышается, а это способствует более быстрому и глубокому усвоению даже относительно сложного материала.

### **Рекомендации для студентов по МРС**

Каждый студент должен быть ознакомлен со структурой модулей дисциплины и правилами начислений баллов за разные виды учебной деятельности.

Обязательными для ознакомления являются:

-65518. Технологическая карта дисциплины

-65517. Приложения к журналу рейтинга

#### **СООТВЕТСТВИЕ РЕЙТИНГОВЫХ БАЛЛОВ И АКАДЕМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ**

<i>Общее количество набранных баллов</i>	<i>Академическая оценка</i>
<b>60 – 72</b>	<b>3 (удовлетворительно)</b>
<b>73 – 86</b>	<b>4 (хорошо)</b>
<b>87 – 100</b>	<b>5 (отлично)</b>

Любые другие виды учебной деятельности (в т.ч. творческие), не упомянутые в технологической карте, но способствующие усвоению материала приветствуются и соответственно оцениваются. Например: изготовление

самодельных приборов и установок, разработка оригинальных задач, решение экспериментальных задач, научная деятельность...

# УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

## Молекулярная физика

(наименование)

для студентов ООП

440305 – “Педагогическое образование”, профили “Физика и Технология”

(наименование, шифр)

по очной форме обучения

Модуль	Трудоемкость		№№ раздела, темы	Лекционный курс		Занятия (номера)		Самостоятельная работа студентов		Формы контроля
	В кредитах	В часах		Вопросы, изучаемые на лекции	Часы	семинарские	Лабораторно-практические	Содержание (или номера заданий)	Часы	
1	1.75	56	1.1 Молекулы. Тепловое равновесие. 1.2 Идеальный газ. Первое начало.	Молекулярно-кинетическая теория. Тепловое равновесие. Уравнение состояния. Закон сохранения энергии. Первое начало. Применение.	3 3 3 3		Измерительные приборы. Определение среднеквадратичной скорости молекул. Температура способы измерения. Определение динамической вязкости. Измерение универсальной газовой постоянной.	Задания модуля 1 по карте внеаудиторной работы	16	Контрольная работа, Защита лабораторных работ, Устные выступления

2	1	32	2.1 Второе начало термодинамик и 2.2 Вероятные и невероятные состояния	Второе начало. Энтропия.	3		Экспериментальное исследование распределения электронов по скоростям.	Задания модуля 2 по карте самостоятельной работы	16	Контрольная работа, Защита лабораторных работ, Устные выступления
				Энтропия как мера беспорядка.	3					
				Вероятность.	3					
				Распределение Больцмана.	3					

3	2.44	78	3.1 Газы 3.2 Жидкости 3.3 Твердые тела.	Реальные газы.	3	Определение показателя адиабаты воздуха.	Задания модуля 3 по карте самостоятельной работы	24	Контрольная работа, Защита лабораторных работ, Устные выступления
				Фазовые переходы.	3	Определение скрытых теплот переходов.			
				Свойства жидкостей.	2	Определение показателя адиабаты жидкостей.			
				Механические и тепловые свойства тв. тел.	4	Измерение влажности воздуха.			
				Пластическая деформация	4	Изучение насыщенных паров.			
						Изучение расширения жидкостей.			
						Измерение коэффициента пов. натяжения.			
						Определение коэф. теплопроводности.			
						Кристаллизация.			

4	0.43	14	4.1 Методы статистической механики в молекулярно-кинетической теории.	Основные положения статистической механики Равновесное излучение.	3 3			Задания модуля 3 по карте самостоятельной работы	8	Контрольная работа, Защита лабораторных работ, Устные выступления
Всего часов	6	180			46		70		64	