

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Смоленский государственный университет»

Кафедра физики и технических дисциплин

«Утверждаю»  
Проректор по учебно-  
методической работе  
Устименко Ю.А.  
«23» июня 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины  
Б1.О.20 Элементарная физика**

Направление подготовки: **44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)**

Направленность (профиль): **Математика, информатика**

Форма обучения: очная

Курс – 2

Семестр – 3, 4

Всего зачетных единиц – 8, часов – 288

Форма отчетности: зачет – 3 семестр, экзамен – 4 семестр

Программу разработала:

кандидат физико-математических наук, доцент Солодченкова Т. Б.

Одобрена на заседании кафедры  
«16» июня 2022 г., протокол № 10

Заведующий кафедрой

Дюндин А. В.

Смоленск  
2022

## 1. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Физика» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» данного направления подготовки. Она изучается в 3 и 4 семестрах.

Для успешного освоения данной дисциплины необходимы навыки студентов, сформированные при изучении не только школьных курсов физики и математики, но дисциплин «Основы информатики и вычислительной техники», «Математический анализ», «Линейная алгебра», «Аналитическая геометрия», «Основы информатики вычислительной техники», которые предшествуют изучению физики.

Изучение «Физики» происходит наряду с изучением дисциплин «Элементарная математика», «Математический анализ», «Основания геометрии», «Теория вероятности и математическая статистика», «Средства обработки графической информации», что обеспечит их взаимообусловленность.

Дисциплина «Физика» предшествует изучению дисциплин «Дифференциальные уравнения и уравнения математической физики», «Вычислительный эксперимент», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Междисциплинарная проектная деятельность в естественнонаучном образовании», «Математическое моделирование», «Численные методы», «Проектирование информационно-образовательной среды», «Практикум по решению задач на ЭВМ», позволяя изучать их с привлечением предметной базы, методов и принципов физической науки.

Изучение курса основано на традиционных методах высшей школы, взаимосвязи с указанными дисциплинами, а также на использовании современной учебной, методической литературы, экспериментальных методов изучения, информационных и образовательных технологий, средств дистанционной формы обучения.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индикаторы достижения
<b>ПК-7.</b> Способен математически корректно ставить естественнонаучные задачи и классические задачи математики, строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата	<b>Знать:</b> базовые принципы постановки естественнонаучных задач и классических задач математики, определения основных понятий и доказательства теорем по основным разделам математики; <b>Уметь:</b> решать основные типы математических задач, доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть его следствия; <b>Владеть:</b> первичными навыками применения математического аппарата к решению конкретных задач из различных областей прикладной математики и информатики.

## 3. Содержание дисциплины

Изучение физики начинается в третьем семестре с раздела «механика», посвящённого механическому движению тел и сред. Рассматривается кинематика и динамика для моделей «материальная» и «твёрдое тело» в случаях их поступательного и вращательного движений относительно инерциальной системы отсчёта. Затем изучается тема о законах сохранения импульса, момента импульса и механической энергии тела. Уделено внимание изучению механического движения относительно неинерциальных систем отсчета, а также элементам релятивистской механики. Разновидностью механического движения служат механические колебания и упругие волн, широко распространённые в природе и технике. Завершается изучение механики темой кинематики и динамики жидкостей и газов. Далее изучение физики посвящено тепловому движению молекулярно-кинетической теории и термодинамики на

примере моделей вещества «идеальный газ» и других моделей агрегатных состояний вещества. Рассматриваются основные утверждения МКТ, теорема о распределении кинетической энергии и статистические распределения молекул в модели идеального газа. В термодинамике выясняются постулаты и их применение к описанию разных состояний и процессов в веществах, фазовые переходы и критические явления, а также явления переноса на примере модели идеального газа.

В четвёртом семестре изучаются остальные разделы физики. Электромагнитные явления методологически рассматриваются сначала с позиций представления об электрическом поле и магнитном поле, а затем единого электромагнитного поля. Формулируются основные теоремы электростатики и магнитостатики, их применение в вакууме и в веществе. Затем изучаются темы электромагнитной индукции, единого электромагнитного поля, электромагнитных колебаний и волн. Далее рассматриваются оптические явления в рамках волновой, геометрической и квантовой теорий, которые в целом приводят к выяснению современных представлений о корпускулярно-волновом дуализме света. Затем выясняется корпускулярно-волновой дуализм частиц вещества и с помощью квантовой теории изучаются свойства атомов. С применением квантово-механического подхода рассматриваются основные свойства атомных ядер, обменный характер ядерных сил, а также явления радиоактивности и ядерные реакции. Заканчивается изучение физики классификацией элементарных частиц на основе фундаментальных взаимодействий и квантовых статистик, а также кратким обзором свойств твёрдых тел с точки зрения квантовой теории.

Изучение электромагнетизма, оптики, квантовой физики и физики атома сопровождается проведением эксперимента в лабораторных условиях и применением элементарной математики, линейной (и векторной) алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, элементов теории вероятности и математической статистики, основ геометрии, средств обработки графической информации.

Таким образом, дисциплина «Физика» позволяет выяснить, как применяются разные физические и математические модели и методы, разнообразный математический аппарат для изучения структурной организации вещества Вселенной и полевой формы существования материи.

#### 4. Тематический план

##### 3 семестр

№ п/п	Разделы и темы	Всего часов	Формы занятий				
			лекции	семинары	практические занятия	лабораторные занятия	самостоятельная работа
1.	<i>Введение</i> <i>Механика</i> <i>Кинематика.</i>	13	4	0	4	2	3
2.	<i>Динамика</i>	22	4	0	2	6	10
3.	<i>Работа, мощность, энергия</i>	4	1	0	2	0	1
4.	<i>Законы сохранения</i>	13	1	0	2	4	6
5.	<i>Неинерциальные системы отсчета</i>	4	1	0	2	0	1
6.	<i>Элементы СТО</i>	2	1	0	0	0	1
7.	<i>Механические колебания и волны</i>	17	4	0	2	4	7
8.	<i>Механика жидкостей и газов</i>	6	2	0	2	0	2
9.	<i>Молекулярная физика и термодинамика</i>	14	2	0	4	4	4

	Основы молекулярно-кинетической теории						
10.	Основы термодинамики	16	4	0	4	4	4
11.	Агрегатные состояния вещества	11	4	0	4	0	3
12.	Фазовые переходы и критические явления	11	2	0	2	4	3
13.	Явления переноса	11	2	0	2	4	3
<b>Итого</b>		<b>144</b>	<b>32</b>	<b>0</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>48</b>

4 семестр

№ п/п	Разделы и темы	Всего часов	Формы занятий				
			лекции	семинары	практические занятия	лабораторные занятия	самостоятельная работа
1.	<i>Электромагнетизм</i> Электростатическое поле в вакууме и в веществе	10	4	0	4	0	2
2.	Постоянный электрический ток	12	2	0	2	4	4
3.	Магнитное поле в вакууме и в веществе	15	3	0	4	4	4
4.	Электромагнитная индукция	5	1	0	2	0	2
5.	Электромагнитные колебания и волны	6	2	0	2	0	2
6.	<i>Оптика</i> Основы волновой оптики	14	2	0	4	4	4
7.	Взаимодействие света с веществом	6	2	0	2	0	2
8.	Основы геометрической оптики	11	2	0	2	4	3
9.	Основы фотометрии	6	2	0	2	0	2
10.	Основы квантовой оптики	6	2	0	2	0	2
11.	<i>Вероятностный характер состояния и движения микрочастиц</i> Корпускулярно-волновой дуализм. Уравнение Шрёдингера и его решение	6	2	0	2	0	2
12.	<i>Физика атома</i> Модели атома. Квантово-механическое описание атома	6	2	0	2	0	2
13.	<i>Ядерная физика</i>	6	2	0	2	0	2

	Характеристики и модели атомного ядра. Радиоактивность и ядерные реакции						
14.	<i>Физика элементарных частиц</i> Классификация элементарных частиц. Взаимопревращение элементарных частиц	4	2	0	0	0	2
15.	<i>Физика твёрдого тела</i> Зонная теория. Контактные явления. <i>Заключение</i>	4	2	0	0	0	2
	Подготовка к экзамену	27					
	Всего за 4 семестр	<b>144</b>	<b>32</b>	<b>0</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>37 (+27)</b>
	Итого за весь курс	<b>288</b>	<b>64</b>	<b>0</b>	<b>64</b>	<b>48</b>	<b>85 (+27)</b>

## 5. Виды образовательной деятельности

### Занятия лекционного типа 3 семестр

#### *Лекция 1*

#### *Введение*

Предмет изучения физики.

Связь физики с математикой и информатикой.

#### *Раздел: Механика*

Механическое движение, основная задача механики.

Способы описания механического движения.

Модели тела.

#### Тема: **Кинематика**

#### *Кинематика материальной точки*

Траектория, путь.

Линейные перемещение, скорость и ускорение (средние и мгновенные) при прямолинейном движении.

Законы (кинематические уравнения) равномерного прямолинейного движения.

Законы (кинематические уравнения) равнопеременного прямолинейного движения.

Угловые перемещение, скорость и ускорение (средние и мгновенные) при движении по окружности.

Законы (кинематические уравнения) равномерного движения по окружности.

Законы (кинематические уравнения) равнопеременного движения по окружности.

#### *Лекция 2*

#### *Связь между линейными и угловыми кинематическими величинами*

Связь между линейной и угловой скоростями.

Полное ускорение, нормальное и тангенциальное ускорения.

#### *Кинематика твёрдого тела*

Понятие тела как механической системы. Центр масс.

Законы (кинематические уравнения) поступательного движения твёрдого тела.

Законы (кинематические уравнения) вращательного движения твёрдого тела вокруг собственной оси.

#### *Лекция 3*

#### Тема: **Динамика**

#### *Меры инерции*

Свойство инертности. Масса.

Момент инерции материальной точки и механической системы.

#### *Меры движения*

Импульс материальной точки и механической системы.

Момент импульса материальной точки и механической системы.

#### *Силы и моменты сил*

Сила.

Виды сил в природе (сила тяготения, сила тяжести, вес, сила упругости, силы трения) (*самостоятельно*).

Поле силы (поле как вид материи, напряженность поля силы тяжести, однородное и неоднородное поле, центральное поле) (*самостоятельно*).

Принцип независимости действия сил, равнодействующая сила.

Момент силы относительно точки и оси вращения.

### **Лекция 4**

#### *Законы динамики*

Инерциальные системы отсчета, принцип Галилея. Первый закон Ньютона.

Второй закон Ньютона (уравнение движения) и его частный случай при постоянной массе тела. Теорема о движении центра масс.

Движение тела переменной массы (реактивная сила, уравнение Мещерского, формула Циолковского, космические скорости) (*самостоятельно*).

Основное уравнение динамики вращательного движения и его частный случай при неизменном моменте инерции тела.

Условия равновесия тела. Виды равновесия.

Третий закон Ньютона.

### **Лекция 5**

#### **Тема: Работа, мощность, энергия**

Работа силы (элементарная и средняя) при поступательном движении. Работа момента силы (элементарная и средняя) при вращательном движении

Мощность (мгновенная и средняя) при поступательном движении. Мощность (мгновенная и средняя) при вращательном движении.

Энергия. Механическая энергия.

Кинетическая энергия при поступательном движении. Кинетическая энергия при вращательном движении.

Потенциальная энергия в поле силы тяжести. Потенциальная энергия упруго деформированного тела.

#### **Тема: Законы сохранения**

Понятие замкнутой механической системы.

Теорема об изменении импульса механической системы. Закон сохранения импульса механической системы.

Теорема об изменении момента импульса механической системы. Закон сохранения момента импульса механической системы.

Гироскоп (*самостоятельно*).

Теорема об изменении механической энергии. Закон сохранения механической энергии.

Абсолютно упругий и абсолютно неупругий удары (*самостоятельно*)

### **Лекция 6**

#### **Тема: Неинерциальные системы отсчета**

Движение тела относительно поступательно движущейся н.с.о. Сила инерции.

Движение тела относительно вращающейся н. с. о. Центробежная и кориолисова силы инерции.

#### **Тема: Элементы специальной теории относительности**

Преобразования Галилея, инвариантность 2-го закона Ньютона (*самостоятельно*).

Постулаты Эйнштейна, преобразования Лоренца. Релятивистская форма 2-го закона Ньютона.

Взаимосвязь массы и энергии.

*Лекция, 7*

**Тема: Механические колебания и волны**

*Механические колебания*

Колебательное движение. Механические колебания.

Маятники (математический, пружинный, физический, трифилярный, конический, циклоидальный) (*самостоятельно*).

Свободные гармонические колебания пружинного (или математического) маятника: дифференциальное уравнение, закон колебаний. Амплитуда, период, частота, циклическая частота, фаза колебаний.

Сложение гармонических колебаний (*самостоятельно*).

Свободные затухающие пружинного (или математического) маятника: дифференциальное уравнение, закон колебаний. Амплитуда, период, частота, фаза, декремент затухания, время релаксации, добротность.

*Лекция, 8*

*Механические колебания (продолжение)*

Вынужденные установившиеся колебания пружинного (или математического) маятника: дифференциальное уравнение, закон колебаний. Амплитудно-частотная характеристика. Фазо-частотная характеристика. Резонанс.

*Механические волны*

Механизм распространения колебаний в однородной упругой среде.

Луч, фронт и виды механических волн (плоские и сферические, продольные и поперечные). Уравнение плоской гармонической бегущей волны. Частота, фаза, скорость, длина волны и волновое число.

Энергия бегущей волны, объёмная плотность энергии, поток энергии и вектор Умова.

Стоячие волны, узлы и пучности, распределение механической энергии (*самостоятельно*).

Элементы акустики (источники и приёмники звука, сила звука, акустическое давление, акустический резонанс, ультразвук) (*самостоятельно*).

*Лекция 9*

**Тема: Механика жидкостей и газов**

*Гидростатика*

Отличительные свойства жидкостей и газов, как сплошных сред.

Давление в жидкостях и газах. Гидростатический закон.

*Гидродинамика*

Архимедова сила. Условие плавания тел.

Основные понятия динамики жидкостей.

Уравнение неразрывности.

Уравнение Бернулли для идеальной жидкости и следствия из него.

Движение вязкой жидкости. Формулы Ньютона и Пуазейля. Ламинарное и турбулентное течение. Число Рейнольдса.

Движение тела в вязкой среде, формула Стокса (*самостоятельно*).

*Лекция 10*

**Раздел: Молекулярная физика и термодинамика**

**Тема: Основы молекулярно-кинетической теории**

*МКТ идеального газа:*

Основные положения молекулярно-кинетической теории.

Модель идеального газа. Масса молекулы, молярная масса.

Средняя длина свободного пробега молекул, средняя арифметическая скорость.

Столкновение молекул, эффективный диаметр. Силы взаимодействия молекул.

Основное уравнение МКТ идеального газа. Средняя квадратичная скорость.

Теорема о равномерном распределении кинетической энергии молекулы по степеням свободы.

*Статистические распределения в МКТ:*

Распределение молекул по скоростям (или кинетическим энергиям), наивероятнейшая скорость.

Распределение молекул по потенциальным энергиям. Барометрическая формула.

### *Лекция 11*

#### **Тема: Основы термодинамики**

##### *Общее, нулевое и первое начала термодинамики*

Основные понятия ТД.

Общее начало ТД.

Нулевое начало ТД. Термическое уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева – Клапейрона). Калорическое уравнение состояния идеального газа.

Газовые законы как частные случаи уравнения состояния идеального газа. Адиабатный процесс, уравнение Пуассона.

Внутренняя энергия, первое начало ТД.

Работа газа. Количество теплоты.

Применение I начала ТД к изопроцессам в идеальных газах.

Молярная и удельная теплоёмкости идеального газа в изопроцессах.

### *Лекция 12*

##### *Второе и третье начала термодинамики*

Обратимые и необратимые процессы.

Энтропия, второе начало термодинамики.

Статистическая трактовка энтропии, уравнение Больцмана.

Изменение энтропии в изопроцессах.

Циклический (круговой) процесс. Понятие о тепловых и холодильных машинах.

Цикл Карно, теоремы Карно.

Третье начало термодинамики (теорема Нернста) и следствия из неё.

Границы применимости законов ТД.

### *Лекция 13*

#### **Тема: Агрегатные состояния вещества**

##### *Реальные газы*

Свойства реальных газов.

Термическое уравнение состояния реального газа (уравнение Ван-дер-Ваальса), изотермы Ван-дер-Ваальса и Эндрюса.

Работа сил притяжения молекул, калорическое уравнение состояния реального газа.

### *Лекция 14*

##### *Жидкости*

Строение жидкостей, ближний порядок.

Поверхностное натяжение. Свободная энергия поверхностного слоя. Формула Лапласа.

Смачиваемость жидкостью поверхностей. Капиллярные явления.

Растворы, теплота растворения, осмотическое давление.

##### *Твёрдые тела*

Кристаллические твёрдые тела, дальний порядок, сингонии.

Анизотропия кристаллов.

Типы связей частиц в кристаллах.

Тепловое расширение кристаллов.

Классическая теория теплоёмкости кристаллов, закон Дюлонга и Пти.

Аморфные вещества, полимеры, жидкие кристаллы (*самостоятельно*).

### *Лекция 15*

#### **Тема: Фазовые переходы и критические явления**

Понятия фазы и фазового перехода (ФП).

ФП I рода и скрытая удельная теплота.

Уравнение теплового баланса.

Динамическое равновесие жидкости и пара. Влажность, точка росы.

Уравнение Клапейрона – Клаузиуса, диаграмма состояния вещества.



Критическое состояние, критические параметры.  
Фазовые переходы 2 рода и «скачок» теплоёмкости.

*Лекция 16*

**Тема: Явления переноса**

Диффузия газов, закон Фика.

Коэффициент диффузии газов и его зависимость от параметров состояния газа.

Вязкость, закон Ньютона.

Коэффициент вязкости газов и его зависимость от параметров состояния газа.

Теплопроводность, закон Фурье.

Коэффициент теплопроводности газов и его зависимость от параметров состояния газа.

Связь коэффициентов диффузии, вязкости и теплопроводности.

4 семестр

*Лекция 1*

**Раздел: Электромагнетизм**

**Тема: Электростатическое поле в вакууме**

*Напряженность электростатического поля:*

Электрический заряд, закон сохранения электрического заряда.

Принцип близкодействия, закон Кулона.

Электрическое поле. Вектор напряженности, линии напряженности.

Принцип суперпозиции полей. Примеры электрических полей.

*Потенциал и потенциальная энергия ЭП:*

Работа сил электростатического поля. Теорема о циркуляции вектора напряженности.

Потенциал. Связь разности потенциала с напряженностью ЭП.

Потенциальная энергия заряда в электрическом поле.

Энергия и объемная плотность энергии ЭП.

*Лекция 2*

**Тема: Электростатическое поле в веществе**

*ЭП поле при наличии диэлектриков*

Поляризация диэлектриков. Вектор индукции (электрического смещения) ЭП.

Поток вектора индукции ЭП. Теорема Остроградского-Гаусса и её применение.

Электрическая восприимчивость и проницаемость. Электрический гистерезис.

*ЭП при наличии проводников*

Электризация проводников. Потенциал проводника в электростатическом поле.

Электростатическая защита.

Электроёмкость проводника, конденсатора и батареи конденсаторов.

Энергия заряженного проводника и конденсатора.

*Лекция 3*

**Тема: Постоянный электрический ток**

Условия существования и характеристики электрического тока.

Закон Ома для однородного участка цепи. Сопротивление проводника и батареи проводников.

Закон Ома для неоднородного участка цепи и замкнутой цепи. Правила Кирхгофа.

Работа и мощность в цепи постоянного тока. Закон Джоуля - Ленца в дифференциальной и интегральной формах.

Электрический ток в электролитах.

Электрический ток в газах.

*Лекция 4*

**Тема: Магнитное поле в вакууме**

Магнитное поле, вектор магнитной индукции.

Закон Био – Савара - Лапласа.

Принцип суперпозиции МП. Примеры магнитных полей.

Поток вектора индукции МП, теорема Остроградского – Гаусса для магнитного поля.

Действие магнитного поля на проводники с током, сила Ампера.  
Действие магнитного поля на движущийся заряд, сила Лоренца.

## *Лекция 5*

### **Тема: Магнитное поле в веществе**

Намагничивание магнетиков. Вектор напряжённости МП.

Магнитная восприимчивость и проницаемость. Слабые и сильные магнетики.

Магнитный гистерезис.

Теорема о циркуляции напряжённости МП и её применение.

### **Тема: Электромагнитная индукция**

Закон Фарадея, правило Ленца. Самоиндукция, индуктивность контура с током.

Взаимоиндукция, трансформатор. Экстратоки при замыкании и размыкании цепи.

Энергия и плотность энергии магнитного поля.

Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Система уравнений Максвелла.

Электромагнитное поле и его энергия.

## *Лекция 6*

### **Тема: Электромагнитные колебания и волны**

Электрический колебательный контур. Свободные колебания. Затухающие колебания. Вынужденные колебания.

Получение периодической э.д.с. Сопротивление, индуктивность и ёмкость в цепи переменного тока. Закон Ома. Резонансные явления в цепи переменного тока.

Электромагнитные волны в вакууме и в однородной среде. Шкала электромагнитных волн. Волновое уравнение. Уравнение волны, плоская электромагнитная волна. Энергия волны, вектор Умова – Пойтинга, интенсивность.

## *Лекция 7*

### ***Раздел: Оптика***

#### **Тема: Основы волновой оптики**

##### *Отражение и преломление*

Принцип Гюйгенса.

Отражение света.

Преломление света.

Полное внутренне отражение.

##### *Интерференция света*

Понятие о когерентности.

Принцип суперпозиции волн.

Интерференция света.

Метод деления волнового фронта, схемы двухлучевой интерференции.

Метод деления амплитуды, схемы интерференции в тонких плёнках и кольца Ньютона.

##### *Дифракция*

Принцип Гюйгенса-Френеля.

Метод зон Френеля.

Дифракция Френеля. Примеры.

Дифракция Фраунгофера. Примеры.

## *Лекция 8*

### **Тема: Взаимодействие света с веществом**

#### *Поляризация света*

Естественный и поляризованный свет.

Поляризация света при отражении, закон Брюстера.

Поляризация при преломлении, двойное лучепреломление.

Анализ поляризованного света, закон Малюса.

Вращение плоскости поляризации оптически активными средами, электрическим и магнитным полями.

#### *Дисперсия света*

Основы электронной теории дисперсии Друде - Лоренца.

Уравнение дисперсии, кривая дисперсии. Нормальная дисперсия.  
Фазовая и групповая скорость, формула Рэлея.

*Поглощение и рассеяние света*

Аномальная дисперсия. Кривая поглощения.

Закон поглощения Бугера-Бера.

Рассеяние света в различных средах, законы Тиндаля и Рэлея

*Лекция 9*

**Тема: Основы геометрической оптики**

Принцип Ферма и законы геометрической оптики.

Построение изображений с помощью плоского зеркала.

Построение изображений с помощью сферического зеркала, формула сферического зеркала.

Преломление света призмой.

Построение изображений с помощью линз, формула тонкой линзы.

Системы линз, оптические приборы и их аберрации.

*Лекция 10*

**Тема: Основы фотометрии**

Световые величины и их измерение.

Глаз человека как фотометрический прибор.

Законы освещённости.

Представление о естественной и искусственной освещённости.

*Лекция 11*

**Тема: Основы квантовой оптики**

Гипотеза Планка о квантах света.

Тепловое излучение, формула Планка для теплового излучения. Законы Стефана – Больцмана и Вина.

Внешний фотоэффект, опыты Столетова и закономерности внешнего фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна и красная граница фотоэффекта.

Давление света, опыты Лебедева.

Эффект Комптона.

*Лекция 12*

**Раздел: Вероятностный характер состояния и движения микрочастиц**

**Тема: Корпускулярно-волновой дуализм микрочастиц**

Гипотеза Луи де Бройля и её экспериментальное подтверждение: опыты по дифракции электронов Томсона, Тартаковского и Фабриканта.

Описание состояния частицы с помощью волновой функции. Вероятностный смысл волновой функции.

Принцип неопределённостей. Соотношения неопределённостей.

**Тема: Уравнение Шрёдингера и его решение**

Уравнение Шредингера. Движение частицы потенциальной яме с непроницаемыми стенками. Квантовый осциллятор.

Туннельный эффект.

Квантовые компьютеры.

*Лекция 13*

**Раздел: Физика атома**

**Тема: Модели атома**

Модель атома Томсона. Опыты с  $\alpha$ -частицами Резерфорда, модель Резерфорда. Спектральные закономерности атома водорода. Постулаты Бора. Волновая модель де Бройля. Модель Бора-Зоммерфельда.

**Тема: Квантово-механическое описание атома**

Квантовые числа и их физический смысл. Электронная конфигурация атома. Принцип Паули и объяснение структуры таблицы химических элементов Менделеева.

Опыт Штерна – Герлаха.

Тормозной и характеристический рентгеновские спектры. Закон Мозли, гипотеза Косселя.

#### *Лекция 14*

##### ***Раздел: Физика атомного ядра***

##### **Тема: Характеристики и модели атомного ядра**

Представление о составе ядра. Статические и динамические характеристики атомных ядер. Ядерные силы. Модели ядра. Изотопы, изобары, изотоны, зеркальные ядра.

##### **Тема: Радиоактивность и ядерные реакции**

Явление радиоактивности. Закон радиоактивного распада. Типы радиоактивных распадов, правила смещения.

Ядерные реакции, их классификация. Деление и синтез ядер. Ядерные реакции в звёздах.

#### *Лекция 15*

##### ***Раздел: Физика элементарных частиц***

##### **Тема: Классификация элементарных частиц**

Фундаментальные взаимодействия.

Основные классы элементарных частиц.

Кварки и кварковый состав адронов.

##### **Тема: Взаимопревращение элементарных частиц**

Представление о глюонах. Обменное взаимодействие.

Первичные и вторичные космические лучи.

Широтный и долготный эффекты.

#### *Лекция 16*

##### ***Раздел: Физика твёрдого тела***

##### **Тема: Зонная теория**

Зонная теория: образование энергетических зон в кристаллах, заполнение зон электронами.

Классификация твёрдых тел.

Электропроводность проводников и полупроводников с точки зрения квантовой физики.

##### **Тема: Контактные явления**

Контакт двух полупроводников, электронно-дырочный переход.

Простейшие полупроводниковые приборы.

##### **Заключение**

Уровни структурной организации вещества во Вселенной. Темная материя и энергия. Квантовая гравитация.

#### **Занятия семинарского типа**

#### ***Практические занятия***

#### 3 семестр

#### ***Занятие № 1***

##### ***Раздел: Механика***

##### **Тема: Кинематика**

##### ***Кинематика прямолинейного и поступательного движений***

##### Вопросы

1. Что изучает физика, механика, кинематика?
2. Что называют материальной точкой?
3. Что такое система отсчета?
4. Что такое вектор перемещения? Всегда ли модуль вектора перемещения совпадает с пройденным путем?
5. Какова основная задача механики? Что значит описать движение тела?
6. Какие способы описания движения существуют? В чем они заключаются?

7. Дать определения векторов средней и мгновенной скоростей. Каковы их направления?
8. Что такое равномерное движение? Запишите закон этого движения. Нарисуйте графики проекций скорости и перемещения для этого движения.
9. Какое движение называется равнопеременным? Запишите закон этого движения. Нарисуйте графики проекций скорости и перемещения для этого движения.

#### Задачи

1. Прямолинейное движение точки задано уравнением:  $X = -2 + 3t - 0,5t^2$ . Написать уравнение зависимости скорости точки от времени. Построить график этой зависимости; найти координату и скорость точки через 2 с и 8 с после начала движения.
2. Радиус вектор материальной точки изменяется со временем по закону  $\vec{r} = 4t^2\vec{i} + 3t\vec{j} + 2\vec{k}$ , Определить: а) скорость  $\vec{v}$ ; б) ускорение  $\vec{a}$  в) модуль скорости в момент времени 2с.
3. Тело падает с высоты 2000 м, за какое время оно пройдет последние 100 м?
4. Тело брошено вертикально вверх со скоростью 30 м/с. На какой высоте и через, сколько времени скорость тела (по модулю) будет в три раза меньше, чем в начале подъема? Определить скорость мяча через 4 с, если он брошен вертикально вниз со скоростью 5 м/с.
5. Тело бросили с поверхности Земли под углом  $\alpha$  к горизонту с начальной скоростью  $v_0$ . Пренебрегая сопротивлением воздуха найти: а) время движения; б) максимальную высоту подъёма и горизонтальную дальность полета. При каком значении угла бросания они будут равны? г) уравнение траектории  $y(x)$ , где  $y$  и  $x$  перемещение тела по вертикали и горизонтали соответственно; д) радиусы кривизны начала и вершины траектории.

#### Задачи для самостоятельного решения

6. Кинематические уравнения движения двух материальных точек имеет вид:  $X_1 = A_1 + V_1t + C_1t^2$  и  $X_2 = A_2 + V_2t + C_2t^2$ , где  $C_1 = -2\text{м/с}^2$ ,  $C_2 = 1\text{м/с}^2$ . Определить: а) момент времени, для которого скорости этих точек будут равны; б) ускорения  $a_1$  и  $a_2$  для этого момента.
7. Радиус вектор материальной точки изменяется со временем по закону  $\vec{r} = t^3\vec{i} + 3t^2\vec{j}$ , где  $\vec{i}, \vec{j}$  - орты осей  $X$  и  $Y$ . Определить для момента времени 1 с: а) модуль скорости; б) модуль ускорения.
8. Тело падает с высоты 490 м. Определить перемещение тела за последнюю секунду падения.
9. Тело падает с высоты 1 км с нулевой начальной скоростью. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить, какое время понадобится телу для прохождения последних 10 м пути.
10. С башни высотой 30 м в горизонтальном направлении брошено тело с начальной скоростью 10 м/с. Определить: а) уравнение траектории тела  $y(x)$ ; б) скорость тела в момент падения на землю; в) угол, который образует эта скорость с горизонтом в точке его падения.

### *Занятие № 2*

#### Тема: **Кинематика** (продолжение)

#### *Кинематика движения по окружности и вращательного движения*

#### Вопросы

1. Что называют угловым перемещением? Единицы измерения.
2. Что называют угловой скоростью? Единицы измерения.
3. Что называют угловым ускорением? Единицы измерения.
4. В чём состоит основная задача механики в случае движения по окружности?
5. Что такое тангенциальное ускорение, нормальное ускорение полное ускорение?
6. Какова связь между линейными и угловыми кинематическими величинами?
7. Какой вид имеют законы равномерного и равнопеременного движения по окружности?

#### Задачи

1. Колесо, вращаясь равноускоренно, достигло угловой скорости 20 рад/с через 10 оборотов после начала движения. Чему равно угловое ускорение колеса?
2. Диск радиусом 10 см вращается так, что зависимость угла поворота радиуса диска от времени задается уравнением:  $\varphi = 3 + t + t^2 + t^3$ . Определить для точек на ободе диска к

- концу второй секунды после начала движения: а) тангенциальное ускорение; б) нормальное ускорение; с) полное ускорение.
- Диск радиусом 10 см вращается так, что зависимость линейной скорости точек, лежащих на ободе колеса, от времени задается уравнением  $v = 0,3t + 0,1t^2$ . Определить момент времени, для которого вектор полного ускорения образует с радиусом колеса угол  $4^\circ$ .
  - Материальная точка начинает двигаться по окружности радиусом 12,5 см с постоянным тангенциальным ускорением  $0,5 \text{ см/с}^2$ . Определить: а) момент времени, при котором вектор ускорения образует с вектор скорости угол  $45^\circ$ ; б) путь, пройденный телом за это время.
  - Диск вращается вокруг неподвижной оси так, что зависимость угла поворота диска от времени описывается уравнением  $\varphi = 0,5t^2$ . Определить к концу второй секунды после начала движения: а) угловую скорость диска; б) угловое ускорение диска; с) для точки, находящейся на расстоянии 80 см от оси вращения, тангенциальное ускорение, нормальное ускорение и полное ускорение.

#### Задачи для самостоятельного решения

- Колесо вращается с постоянным угловым ускорением  $2 \text{ с}^{-2}$ . Через 0,5 с после начала движения полное ускорение колеса равно  $13,3 \text{ м/с}^2$ . Чему равен радиус колеса?
- Диск радиусом 10 см вращается так, что зависимость угла поворота радиуса диска от времени задается уравнением:  $\varphi = 2 + 4t^3$ . Определить для точек на ободе колеса диска нормальное и тангенциальное ускорения в момент времени 2 секунды от начала движения, а также угол поворота, при котором полное ускорение составляет с радиусом диска угол  $45^\circ$ .
- Диск вращается вокруг неподвижной оси так, что зависимость угла поворота диска от времени описывается уравнением  $\varphi = 0,5t^2$ . Определить к концу второй секунды после начала движения полное ускорение точки на ободе диска, если линейная скорость этой точки в этот момент  $0,4 \text{ м/с}$ .
- Точка движется по окружности радиусом 15 см с постоянным тангенциальным ускорением. К концу четвертого оборота после начала движения линейная скорость точки  $15 \text{ см/с}$ . Определить нормальное ускорение точки через 16 секунд после начала движения.
- Вал начинает вращаться и за первые 10 секунд совершает 50 оборотов. Считая вращение вала равноускоренным, определить угловое ускорение и конечную угловую скорость.

### *Занятие № 3*

#### Тема: Динамика

##### 1. Вопросы

- Сформулируйте первый закон Ньютона.
- Какие системы отсчета называют инерциальными? Приведите примеры таких систем.
- Что такое инертность тела? Какая физическая величина является мерой инерции?
- Почему тело, предоставленное самому себе, не сохраняет скорость сколь угодно долго?
- Какой смысл имеет понятие силы? В каких единицах она измеряется?
- Сформулируйте закон Всемирного тяготения. Как определяется гравитационная постоянная и каков ее физический смысл?
- В чем состоит принцип независимости действия сил?
- В чем заключается принцип суперпозиции сил? Дайте определение равнодействующей сил.
- Сформулируйте второй закон Ньютона: а) в общем виде, б) в случае движения тела постоянной массы. Что называют уравнением движения?
- Сформулируйте третий закон Ньютона. Приведите примеры проявления этого закона в окружающей действительности.

##### Задачи

- Тело массой  $1,0 \text{ кг}$  лежит на горизонтальной поверхности. Коэффициент трения  $0,1$ . На тело действует горизонтальная сила  $F$ . Определить силу трения для двух случаев: а)  $F =$

- 0,50 Н; б)  $F = 2,0$  Н. Изобразить графически, как изменяется сила трения при изменении силы  $F$ .
- Какова начальная скорость шайбы пущенной по поверхности льда, если она остановилась через 40 с? Коэффициент трения шайбы о лед 0,05.
  - На столе лежат два бруска, связанные нитью. На брусок массой  $m_1 = 4$  кг действует сила 20 Н под углом  $30^\circ$  к горизонту. Масса второго бруска  $m_2 = 2$  кг, коэффициент трения брусков о стол 0,1. Определите ускорение, с которым движутся тела, а также силу натяжения нити.
  - Ведро с водой вращают в вертикальной плоскости на веревке длиной 0,5 м. С какой наименьшей скоростью нужно его вращать, чтобы при прохождении через верхнюю точку удержать воду в ведре?

#### Задачи для самостоятельного решения

- Тело массой 20 кг тянут с силой 120 Н по горизонтальной поверхности. Если эта сила приложена под углом  $60^\circ$  к горизонту, то тело движется равномерно. С каким ускорением будет двигаться тело, если ту же силу приложить под углом  $30^\circ$  к горизонту?
- Два тела массами  $m_1 = 3$  кг и  $m_2 = 6$  кг лежат на абсолютно гладком столе. Тела связаны невесомым шнуром, который разрывается если к телу с меньшей массой приложить силу 240 Н. Какую минимальную силу надо приложить к телу большей массы, чтобы разорвать шнур?
- Летчик давит на сиденье самолета в нижней точке петли Нестерова с силой 7100 Н. масса летчика 80 кг, радиус петли 250 м. Определить скорость самолета.
- Тело массой  $m$  соскальзывает с трением с наклонной плоскости. Угол наклона плоскости  $\alpha$ , ее длина  $l$ , коэффициент трения  $\mu$ . Начальная скорость тела равна нулю. Найти время спуска тела с наклонной плоскости.

#### *Занятие № 4*

### Тема: **Работа, мощность, механическая энергия**

#### Вопросы

- Чему равна работа силы?
- Чему равна работа момента силы?
- Что называют мощностью? В каких единицах измеряют мощность?
- Что такое механическая энергия?
- Чему равна кинетическая энергия при прямолинейном (или поступательном) движении?
- Чему равна кинетическая энергия при движении по окружности (или вращении)?
- Как определить энергию в поле силы тяжести земли?
- Как определить энергию сжатой пружины?

#### Задачи

- Автомобиль массой 1,8 т движется в гору, уклон которой составляет  $3$  м на каждые 100 м пути. Коэффициент трения колес о дорогу равен 0,1. Найти: 1) работу  $A$  двигателя на пути 5 км, 2) развиваемую двигателем мощность  $P$ , если этот путь преодолен за 5 мин.
- Пуля массой  $m_1$ , летящая горизонтально со скоростью  $v_0$ , попадает в нижний конец стержня, закрепленного на горизонтальной оси, проходящей через верхний конец стержня, и застревает в нем. Масса стержня  $m_2$ , длина  $l$ . Определить линейную скорость нижнего конца стержня сразу после попадания пули.
- С вершины наклонной плоскости начинает скатываться сплошной однородный цилиндр. Найти время скатывания цилиндра, если начальная высота 3 м, длина плоскости 10 м.
- Кинетическая энергия тела массой 2 кг в некоторый момент времени равна 25 Дж. Найдите импульс этого тела в данный момент времени?

#### Задачи для самостоятельного решения

- Равнодействующая сил, действующих на тело, равна 20 Н и направлена горизонтально. Тело движется так, что его координата изменяется по закону  $x = 10 + 2t + t^2$ . Какую работу совершает сила за 5 с?
- Диск массой  $M$  катится без скольжения по горизонтальной плоскости со скоростью  $V$ . Найти кинетическую энергию тела.

7. С верхнего уровня наклонной плоскости одновременно начинают скатываться без скольжения сплошной цилиндр и шар с одинаковой массой и одинаковыми радиусами. Найти отношение скоростей этих тел на некотором данном уровне.
8. Кольцо массой 40 г и радиусом 3 см вращается вокруг неподвижной оси, перпендикулярной плоскости диска и проходящей через его центр масс со скоростью 2 м/с. Найти кинетическую энергию тела.

### *Занятие № 5*

#### Тема: **Законы сохранения**

1. Что называют механической системой? Какие системы называются замкнутыми?
2. Чему равен импульс механической системы материальных точек? Как он изменяется под действием внешних сил?
3. Сформулируйте закон сохранения импульса. Для каких систем он справедлив?
4. Что такое центр масс системы материальных точек? Как его можно определить?
5. Дайте определения энергии и работы. Объясните связь между этими величинами.
6. Какие силы называются консервативными?
7. Что называют кинетической и потенциальной энергией? Каковы особенности этих видов энергий?
8. Сформулируйте закон сохранения механической энергии. В каких случаях полная механическая энергия системы не сохраняется?
9. Что такое удар? Какие виды ударов шаров вам известны? В каких случаях не выполняется закон сохранения механической энергии?

#### Задачи

1. Снаряд массой 100 кг, летящий горизонтально вдоль железнодорожного пути со скоростью 500 м/с, попадает в вагон с песком и застревает в нем. Какую скорость получит вагон, если он двигался со скоростью 36 км/ч в направлении, противоположном движению снаряда?
2. Пуля массой 5 г, летящая горизонтально, попадает в брусок, установленный на подвижной тележке. Масса бруска с тележкой 495 г. Когда пуля попадает в тележку и застревает в ней, система приобретает скорость 0,8 м/с. Определить начальную скорость пули.
3. Два шара массами  $m_1 = 1$  кг и  $m_2 = 2$  кг движутся поступательно вдоль горизонтальной прямой в одном направлении. Скорости шаров до удара  $v_1 = 7,0$  м/с и  $v_2 = 1,0$  м/с. Определить скорости шаров после абсолютно упругого удара.
4. Определить во сколько раз уменьшится скорость шара, движущегося со скоростью  $v$ , при его соударении с покоящимся шаром, масса которого в  $n$  раз больше массы налетающего шара. Удар считать центральным и абсолютно упругим.

#### Задачи для самостоятельного решения

5. При центральном упругом ударе, движущееся тело массой  $m_1$  ударяется о покоящееся тело массой  $m_2$ . В результате чего скорость первого тела уменьшилась в два раза. Определить во сколько раз масса первого тела больше массы второго и кинетическую энергию второго тела непосредственно после удара, если первоначальная кинетическая энергия первого тела была равна 800 Дж.
6. Два тела, двигаясь навстречу друг другу со скоростью 3,0 м/с каждое, после удара стали двигаться вместе со скоростью 1,5 м/с. Определить отношение масс этих тел.
7. Два малых пластилиновых шарика, масса которых 0,1 кг и 0,2 кг, подвешены на нитях одинаковой длины 1 м так, что они соприкасаются. Первый шарик отклонили от положения равновесия на угол  $\pi/2$  и отпустили. На какую высоту поднимутся шарики после абсолютно неупругого удара?
8. Охотник стреляет из ружья с движущейся лодки в направлении ее движения. Какова была скорость лодки до выстрела, если она остановилась после двух сделанных подряд выстрелов? Масса лодки 120 кг, масса охотника 80 кг, масса заряда 25 г. Скорость вылета снаряда из ружья 600 м/с.
- 9.

### *Занятие № 6*



## Тема: Неинерциальные системы отсчета

### Вопросы

1. Какие системы отсчета называются неинерциальными?
2. Когда и почему необходимо рассматривать силы инерции?
3. Что такое силы инерции и чем они отличаются от сил действующих в инерциальных системах отсчета?
4. Как направлена центробежная сила? Когда она проявляется?
5. Как направлена сила Кориолиса? Когда она проявляется?
6. Каковы особенности всех сил инерции?
7. Тело брошено вертикально вверх. Вернется ли оно в ту же точку при падении на Землю?
8. Приведите примеры проявления сил инерции на Земле.

### Задачи для решения в аудитории

1. Небольшое тело падает без начальной скорости на Землю на экваторе с высоты 10,0 м. В какую сторону и на какое расстояние  $x$  отклонится тело от вертикали за время падения? Сопротивлением воздуха пренебречь.
2. Горизонтально расположенный стержень вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через его конец с угловой скоростью 1,00 рад/с. Расстояние от оси до другого конца стержня 1,00 м. На стержень надета небольшая муфта, закрепленная с помощью нити на расстоянии 0,100 м от оси вращения. В начальный момент времени нить пережигают и муфта начинает скользить без трения по стержню. Найти время, спустя которое муфта слетит со стержня.

### Задачи для самостоятельного решения

3. Спутник движется в экваториальной плоскости Земли с запада на восток по круговой орбите радиуса  $R$ . Пренебрегая ускорением, обусловленным движением Земли вокруг Солнца, найти ускорение спутника в системе отсчета, связанной с землей.
4. Вращение Земли приводит к отклонению свободно падающих тел от направления отвеса. В какую сторону происходит это отклонение?
5. На плоскости с углом наклона  $\alpha$  лежит тело. Определите наименьшее значение коэффициента трения, при котором тело не будет соскальзывать с наклонной плоскости, если плоскость движется: а) равномерно; б) равноускоренно. Решите задачу в инерциальной и неинерциальной системе отсчета.

## Занятие № 7

## Тема: Механические колебания и волны

### Вопросы

1. Что такое колебание? Какие колебания называют: а) свободными, б) вынужденными?
2. Какие колебания называют гармоническими, затухающими?
3. Дайте определение амплитуды, фазы, периода, частоты, циклической частоты колебаний.
4. Что называют: а) математическим маятником, б) пружинным маятником?
5. Как изменится частота собственных колебаний с увеличением массы маятника?
6. Запишите для затухающих колебаний: а) дифференциальное уравнение, б) его решение.
7. По какому закону изменяется амплитуда затухающих колебаний?
8. Что такое коэффициент затухания? Логарифмический декремент затухания?
9. Что такое вынужденные колебания? От чего зависит их амплитуда?
10. Что называют резонансом? От чего зависят резонансная частота и амплитуда?
11. Объясните механизм распространения колебаний в упругой среде.
12. Что такое: а) луч, в) волновая поверхность, г) фронт?
13. Что называют: а) поперечной волной, б) продольной, в) бегущей, г) стоячей, д) плоской, е) сферической?
14. Что называют: а) длиной волны, б) волновым числом?
15. Что называют фазовой скоростью? Групповой скоростью?
16. Как определить энергию механической плоской гармонической волны?

### Задачи

1. Материальная точка массой 5 г совершает гармонические колебания с частотой 0,5 Гц. Амплитуда колебаний 3 см. Определить скорость, ускорение и силу, действующую на точку в момент, когда смещение  $x = 1,5$  см.
2. Найти амплитуду, период, частоту и начальную фазу колебания, заданного уравнением 
$$x = 5 \sin\left(\frac{39,2t + 5,2}{5}\right) \text{ см}$$
3. Точка совершает гармонические колебания. В некоторый момент времени  $t_1$  смещение  $x_1 = 5$  см. При увеличении фазы вдвое смещение точки стало  $x_2 = 8$  см. Найти амплитуду колебаний.
4. Скорость упругих волн 4 м/с. Расстояние между двумя колеблющимися частицами среды с разностью фаз  $\pi/4$  равно 5 см. Определить: а) частоту, б) период колебаний, в) длину волны.

### Задачи для самостоятельного решения

5. Найти амплитуду, период, частоту, начальную фазу колебаний, а также получить выражения скорости, ускорения и механической энергии, если закон колебаний имеет вид  $x = 5 \sin(9,42 \cdot t + 2,3) \text{ см}$ .
6. Как изменится период колебаний маятника при переносе его с Земли на Луну.
7. Чему равен период колебания маятника, находящегося в вагоне, движущемся горизонтально с ускорением  $a$ ?
8. Частота колебаний источника упругой волны равна 500 Гц. Волна распространяется в воздухе со скоростью 340 м/с. Вычислите: а) циклическую частоту, б) период, в) длину волны, г) волновое число. Запишите уравнение волны.

### *Занятие № 8*

#### **Тема: Механика жидкостей и газов**

#### Вопросы

1. Что называют стационарным течением жидкости (или газа)? Что такое «несжимаемая жидкость»?
2. Сформулируйте и запишите теорему неразрывности струи. Изобразите соответствующую трубку тока.
3. Что такое «идеальная жидкость»? Сформулируйте и запишите уравнение Бернулли. Опишите каждое его слагаемое.
4. С какой скоростью жидкость вытекает из отверстия?
5. От чего зависит сила реакции вытекающей струи?
6. Что называют: а) ламинарным течением, б) турбулентным течением?
7. Какой вид имеет и для чего нужна формула Пуазейля? Что такое «поток жидкости»?
8. По какому критерию определяют характер течения жидкости?
9. Что называют: а) лобовым сопротивлением, б) подъёмной силой?
10. Что позволяет найти формула Стокса?

#### Задачи

1. Аквариум имеет форму куба со стороной  $a = 60$  см. До какой высоты  $h$  следует налить в него воду, чтобы сила давления на боковую стенку была в 6 раз меньше, чем на дно? Атмосферное давление не учитывать.
2. В стакане плавает кусок льда. Как изменится уровень воды, когда лед растает? Изменится ли ответ, если во льду находится: а) кусочек пробки; б) стальная гайка?
3. В небольшом бассейне плавает полузатопленная лодка. Уровень воды в лодке такой же, как в бассейне. Из лодки зачерпнули ведро воды и вылили в бассейн. Где теперь выше уровень воды — в лодке или в бассейне? Как изменился уровень воды в бассейне?
4. С мостика над каналом, по которому течет вода, опущена узкая и согнутая под прямым углом трубка. Её открытый конец обращён навстречу течению. Вода в трубке поднялась на высоту 150 мм над уровнем воды в канале. Найти скорость течения воды в канале.

5. Цилиндрический сосуд высотой 50,0 см и радиусом 10,0 см наполнен доверху водой. В дне сосуда открывается отверстие радиуса 1,00 мм. Пренебрегая вязкостью воды, вычислите время истечения всей воды из сосуда.

Задачи для самостоятельного решения

6. В небольшом бассейне плавает лодка. Изменится ли (и как) уровень воды в бассейне, если лежащий на дне лодки камень бросить в воду?
7. Воздушный шар объемом  $V = 300$  м<sup>3</sup> парит вблизи поверхности Земли. С шара сбросили балласт, и шар поднялся на высоту, где плотность воздуха вдвое меньше. Какова масса  $\Delta m$  балласта, если объем шара при подъеме увеличился в 1,5 раза? Температуру воздуха считайте равной 00С.
8. Пластмассовый брусок плавает в воде. Как изменится глубина погружения бруска в воду, если поверх воды налить слой масла, полностью покрывающий брусок?
9. На рычажных весах уравновешен гириями сосуд с водой. Нарушится ли равновесие, если в воду погрузить подвешенный на нитке стальной брусок так, чтобы он не касался дна?

**Занятие № 9**

**Тема: Основы молекулярно-кинетической теории**

*МКТ идеального газа*

Вопросы

1. Сформулировать основные утверждения МКТ.
2. В чём суть модели идеального газа?
3. Какими микропараметрами характеризуются молекулы?
4. Как найти: атомную единицу массы, массу молекулы, молярную массу вещества, количество вещества?
5. Что такое эффективный диаметр молекулы, и каково его значение по порядку величины?
6. Что называют длиной свободного пробега молекул, и от чего она зависит?
7. Что такое средняя арифметическая скорость молекулы, каково её значение по порядку величины?
8. Что такое средняя квадратичная скорость молекулы, как она соотносится со средней арифметической?
9. Что называют степенью свободы молекулы? Какие они бывают? Сколько их для молекул разной структуры?
10. Как найти: среднюю кинетическую энергию одной молекулы, всех молекул вещества?

Задачи

1. Определить среднюю длину свободного пробега молекул кислорода. Кислород находится в сосуде при температуре 27 °С и давлении 100 кПа.
2. Определить среднее число столкновений за 1 с, происходящих между всеми молекулами азота. Азот находится в сосуде ёмкостью 3 л при температуре 27 °С и давлении 100 кПа.
3. В сосуде ёмкостью 4,0 л содержится некоторый газ массой 0,6 г под давлением  $2,0 \cdot 10^5$  Па. Определить среднюю квадратичную скорость поступательного движения молекул.
4. Найти среднюю кинетическую энергию поступательного движения всех молекул, содержащихся в 0,20 г водяного пара при температуре 27 °С.

Задачи для самостоятельного решения

5. Определить среднюю длину свободного пробега атомов гелия в условиях, когда плотность гелия равна  $2,1 \cdot 10^{-2}$  кг/м<sup>3</sup>.
6. При какой температуре молекулы гелия обладают такой же средней арифметической скоростью, как молекулы водорода при температуре 288 К.
7. Сколько молекул содержится в 10 г некоторого газа, средняя квадратичная скорость молекул которого равна 480 м/с при температуре 23 °С ?
8. Давление идеального газа 10 мПа, концентрация молекул  $2,0 \cdot 10^{12}$  см<sup>-3</sup> . Определить: среднюю кинетическую энергию поступательного движения одной молекулы; температуру газа.

## Статистические распределения молекул газа

Вопросы

1. Каков характер движения молекул?
2. Что такое функция Максвелла, каков её физический смысл? Изобразите график функции Максвелла.
3. Каков смысл выражения «распределение молекул по скоростям»?
4. Что такое наиболее вероятная скорость?
5. Каково соотношение наиболее вероятной скорости со средней арифметической и средней квадратичной?
6. Как экспериментально было подтверждено распределение Максвелла?
7. Что называют распределением Больцмана? Изобразить его графически.
8. Каков вид барометрической формулы, как её получить?
9. При каких условиях справедливы распределения Максвелла и Больцмана?
10. Приведите примеры проявления распределения Больцмана или справедливость барометрической формулы.

Задачи

1. Определить наиболее вероятную скорость молекул некоторого газа, если средняя квадратичная скорость его молекул равна 516 м/с. Какой это газ (молярная масса), если его температура 300 К ?
2. Определить наиболее вероятную скорость молекул одного грамма некоторого газа, если известно, что в этом газе при температуре 273 К содержится  $1,8 \cdot 10^{22}$  молекул.
3. На поверхности Земли барометр показывает  $1,013 \cdot 10^5$  Па. Каково его показание при подъеме на ТВ башню в Останкино высотой 533 м? Температуру воздуха считать постоянной и равной 280 К. Найти также концентрацию молекул воздуха на этой высоте.
4. На какой высоте давление атмосферного воздуха составляет 75 % от давления на уровне моря? Температуру воздуха считать постоянной и равной 0 °С.

Задачи для самостоятельного решения

5. Определить наиболее вероятную скорость молекул некоторого газа массой 1 г, если известно, что в этом газе при температуре 273 К содержится  $1,8 \cdot 10^{22}$  молекул.
6. Какой процент от общего числа молекул некоторого газа составляют молекулы, модули скоростей которых отличаются от средней квадратичной скорости не более, чем на 0,5 %.
7. При какой температуре число молекул азота, обладающих скоростями, модули которых заключены в интервале  $299 \div 301$  м/с, станет равно числу молекул, обладающих скоростями в интервале  $599 \div 601$  м/с?
8. Определить отношение давления воздуха на дне шахты глубиной 2 км к давлению на высоте 2 км, принимая температуру воздуха одинаковой и равной 0 °С.
9. Определить массу газа, находящегося в вертикальном цилиндрическом сосуде, площадь основания которого S, высота H. Считать известными температуру на уровне нижнего основания цилиндра, давление на этом уровне и молярную массу. Принять температуру и ускорение свободного падения не зависящими от высоты.

## Тема: Основы термодинамики

*Уравнение состояния идеального газа. Газовые законы*Вопросы

1. Что означают термины: термодинамическая система, термодинамическое состояние вещества, термодинамические параметры, термодинамический процесс?
2. Приведите примеры термодинамических параметров и процессов.
3. Что называют уравнением состояния?
4. Какой вид для идеального газа имеет: а) термическое уравнение состояния, б) калорическое уравнение состояния?
5. При каком условии происходит: а) изотермический процесс, б) изобарный процесс, в) изохорный процесс?

- Изобразите графически каждый изопроцесс на координатной сетке: а) (p,V), б) (V,T), в) (p,T).
- Что такое компонента смеси, парциальное давление?
- Как определить давление смеси газов?

#### Задачи

- До какой температуры можно нагреть плотно закрытый сосуд, содержащий 36 г воды, чтобы он не разорвался, если стенки сосуда выдерживают давление  $5 \cdot 10^6$  Па? Емкость сосуда 5 л.
- В сосуде объемом 0,1 л содержится некоторый газ при температуре  $27^\circ\text{C}$ . На сколько понизится давление газа, если вследствие утечки газа из сосуда выйдет  $10^{20}$  молекул?
- В сосуде объемом  $2 \text{ м}^3$  находится смесь 4 кг гелия и 2 кг кислорода при температуре  $27^\circ\text{C}$ . Определить давление и молярную массу смеси газов.
- Газ сжат изотермически от объема  $8 \cdot 10^{-3} \text{ Па}$  до объема  $6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ , при этом давление газа возросло на  $4 \cdot 10^3 \text{ Па}$ . Каким было первоначальное давление газа?

#### Задачи для самостоятельного решения

- В баллоне емкостью  $0,2 \text{ м}^3$  находится гелий под давлением  $1 \cdot 10^7 \text{ Па}$  и при температуре 290 К. После подкачки гелия давление повысилось на  $2 \cdot 10^7 \text{ Па}$ , а температура - на 303 К. На сколько увеличилась масса гелия при подкачке?
- Определить массу углекислого газа, протекающего в течение 10 мин со скоростью 0,9 м/с по трубе, площадь поперечного сечения которой  $5 \text{ см}^2$ . Давление газа  $3,9 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . Температура 280 К.
- Некоторую массу идеального газа сначала изобарно нагревают, затем изотермически сжимают, а затем изохорно понижают давление. Газ возвращается в исходное состояние. Изобразите эти процессы на координатных сетках: (V,p), (T,V) и (T,p).
- В баллоне емкостью  $0,80 \text{ м}^3$  находится 200 г водорода и 290 г азота. Определить давление смеси, если температура окружающей среды  $27^\circ\text{C}$ .
- Определить плотность газовой смеси, состоящей из 8,0 г гелия и 4,0 г аргона при температуре 290 К и давлении  $1,0 \cdot 10^5 \text{ Па}$ .

#### *Занятие № 12*

#### *Первое и второе начала ТД*

#### Вопросы

- Из чего образуется внутренняя энергия вещества?
- Сформулируйте первое начало термодинамики. В чем сходство и различие понятий «количество теплоты», «работа»?
- Что называют теплоемкостью вещества: молярной, удельной? В каких единицах они измеряются? Какова между ними связь?
- Сформулировать 1НТД для изохорного процесса и определить работу, количество теплоты и молярную теплоемкость.
- Сформулировать 1НТД для изобарного процесса и определить работу, количество теплоты и молярную теплоемкость.
- Сформулировать 1НТД для изотермического процесса и определить работу, количество теплоты и молярную теплоемкость для изотермического процесса.
- Сформулировать 1НТД для адиабатического процесса и определить работу, количество теплоты и молярную теплоемкость для адиабатического процесса.
- Что такое энтропия (термодинамическая трактовка, статистическая трактовка)?
- В чем суть второго начала термодинамики и её отличие от первого начала?
- Сформулируйте первую и вторую теоремы Карно.

#### Задачи

- Водород занимает объем  $10 \text{ м}^3$  при давлении 0.1 МПа. Его нагрели при постоянном объеме до давления 0.3 МПа. Определить изменение внутренней энергии газа, работу, совершенную газом и теплоту, сообщенную газу.
- Определить работу, совершенную идеальным газом при изотермическом расширении, если его давление уменьшилось от  $12 \cdot 10^5 \text{ Па}$  до  $2,0 \cdot 10^5 \text{ Па}$  и если в начале расширения газ занимал объем  $2,0 \text{ м}^3$ .

3. Кислород массой 160 г нагревают при постоянном давлении от 320 до 340 К. определить: количество теплоты, поглощенное газом; изменение внутренней энергии; работу расширения газа.
4. Определить изменение энтропии 1 г азота в процессе сжатия от давления 1 атм до давления 1,5 атм. Начальная и конечная температуры равны, соответственно, 290 К и 340 К.
5. Водород массой 1 г подвергается сначала адиабатному сжатию до вдвое меньшего объема, а затем изохорному охлаждению до начальной температуры. Изобразить графически эти процесс в осях (p,V) и (S,T). Определить изменение энтропии водорода между начальным и конечным состояниями.
6. Температура нагревателя тепловой машины 500 К. Температура холодильника 400 К. Определить: КПД тепловой машины, работающей по циклу Карно; полную мощность машины, если нагреватель каждую секунду передает ей 1675 Дж теплоты.

#### Задачи для самостоятельного решения

7. Углекислый газ массой 88 г изобарно нагрет от 300 К до 350 К. Определить: количество теплоты, сообщенное газу; работу газа; изменение внутренней энергии.
8. Во сколько раз уменьшилось давление азота массой 10 г, который находится при температуре 17 °С, если при изотермическом расширении этот газ совершил работу 860 Дж?
9. Объем аргона, находящегося при давлении 80 кПа, увеличился от 1 до 2 л. На сколько изменится внутренняя энергия газа, если расширение производилось: а) изобарно; б) адиабатно?
10. Определить изменение энтропии воздуха объемом 1 м<sup>3</sup> при двукратном изотермическом увеличении объема. До расширения воздух находился под давлением 1,96 атм и температуре 273 К.
11. Водород массой 100 г сначала изобарно нагрет так, что его объем увеличился втрое, а затем был изохорно охлажден так, что давление уменьшилось втрое. Определить суммарное изменение энтропии.
12. Идеальная тепловая машина, работающая по циклу Карно, совершает работу за цикл 80 кДж. Температура нагревателя 373 К, а холодильника – 273 К. Определить: 1) количество теплоты, полученное рабочим веществом от нагревателя, 2) количество теплоты, переданное холодильнику, к.п.д. цикла.

### *Занятие № 13*

#### **Тема: Агрегатные состояния вещества**

##### *Тепловые свойства реальных газов*

##### Вопросы

1. При каких условиях возникают отклонения свойств реальных газов от законов идеальных газов, и в чем они состоят?
2. Что собой представляет уравнение Ван-дер-Ваальса? Каков физический смысл поправок «a» и «b» в уравнении Ван-дер-Ваальса?
3. Какой вид имеют изотермы: Ван-дер-Ваальса, Эндрюса? Какой участок изотермы Ван-дер-Ваальса физически невозможен и почему?
4. Как меняется вид изотерм реального газа, полученных при разных его температурах, и почему?
5. Чему равна внутренняя энергия реального газа?

##### Задачи

1. Какую часть давления кислорода на стенки сосуда составляет молекулярное (внутреннее) давление, обусловленное силами притяжения молекул, если объем сосуда с кислородом 8 л, масса кислорода 300 г, температура 300 К? Какую часть объема сосуда составляет собственный объем молекул кислорода?
2. Вычислите температуру, при которой давление реального кислорода, имеющего плотность 100 г/л, равно 70 атм. Сравните с температурой «идеального» кислорода. Постоянные Ван-дер-Ваальса «a» и «b» равны, соответственно, 0,135 Н·м<sup>4</sup>/моль<sup>2</sup> и 3·10<sup>-5</sup> м<sup>3</sup>/моль.

3. Реальный водород в количестве 1 моль расширяется изотермически при температуре 300 К, при этом объём сосуда увеличился от 1,5 л до 15 л. Определить совершённую водородом работу, если постоянные Ван-дер-Ваальса «а» и «b» равны, соответственно,  $0,024 \text{ Н}\cdot\text{м}^4/\text{моль}^2$  и  $26\cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$ .
  4. Определить изменение энтропии 10 г реального углекислого газа при обратимом изотермическом расширении от 1 л до 5 л. Постоянные Ван-дер-Ваальса «а» и «b» равны, соответственно,  $0,36 \text{ Н}\cdot\text{м}^4/\text{моль}^2$  и  $4,3\cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$ .
- Задачи для самостоятельного решения
5. В баллоне емкостью 20 л находится 80 молей некоторого газа. При  $14^\circ\text{C}$  давление газа равно 90 атм, а при  $63^\circ\text{C}$  давление увеличилось до 109 ат. Вычислите постоянные Ван-дер-Ваальса для этого газа.
  6. В сосуде объёмом  $0,2 \text{ м}^3$  находится 300 моль водорода при нормальном давлении. Считая газ реальным, определить, во сколько раз надо увеличить его температуру, чтобы давление увеличилось втрое?
  7. Вычислите давление реального кислорода массой 1,1 кг, находящегося в баллоне 20 л при температуре  $13^\circ\text{C}$ . Сравните результат, считая газ идеальным.
  8. Водород в количестве 1 моль занимает объём 1 л при температуре 300 К. Вычислите давление аргона: а) считая аргон идеальным газом; б) считая аргон реальным газом с силами внутреннего притяжения молекул, но пренебрегая их собственным объёмом; в) считая аргон реальным газом с собственным объёмом молекул, но пренебрегая силами внутреннего притяжения молекул; г) считая аргон реальным газом.
  9. Аргон в количестве 1 кмоль расширяется изотермически при температуре 300 К от  $1 \text{ м}^3$  до  $5 \text{ м}^3$ . Считая его «ван-дер-ваальсовым», определить: 1) совершённую работу, 2) изменение внутренней энергии, 3) сообщенное количество теплоты.

## Занятие № 14

### *Тепловые свойства реальных жидкостей и твёрдых тел*

#### Вопросы

1. Каковы современные представления о строении жидкостей?
2. Как объяснить поверхностное натяжение жидкости? Примеры его проявления.
3. Что называют: а) удельной свободной энергией поверхности жидкости, б) коэффициентом поверхностного натяжения?
4. Что такое лапласовское давление? Формула Лапласа (вывод).
5. Как объяснить капиллярные явления? Отчего зависит высота подъёма или опускания жидкости по капилляру?
6. Каковы особенности кристаллических тел?
7. Каков характер движения частиц в узлах кристаллической решетки? Объясните механизм теплового расширения твердых тел.
8. Как вычислить внутреннюю энергию одного моля вещества в кристаллическом состоянии?
9. Получить выражение для теплоёмкости кристаллов (в классическом приближении).

#### Задачи

1. На сколько нагреется капля ртути, полученная при слиянии двух капелек радиусом  $10^{-3} \text{ м}$  каждая? Плотность, удельная теплоёмкость и коэффициент поверхностного натяжения ртути равны, соответственно  $13600 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $136 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$  и  $0,513 \text{ Н}/\text{м}$ .
2. Фитиль поднимает воду на высоту 80 см. На какую высоту по тому же фитилю поднимется керосин? Коэффициент поверхностного натяжения и плотность равны, соответственно, для воды  $72,75 \text{ мН}/\text{м}$  и  $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ , для керосина  $24 \text{ мН}/\text{м}$  и  $800 \text{ кг}/\text{м}^3$ .
3. Горячая вода с температурой  $87^\circ\text{C}$  массой 1 кг отдает теплоту холодной воде такой же массы, температура которой  $17^\circ\text{C}$ . Их температуры становятся одинаковыми. Показать, что энтропия при этом увеличивается.
4. Пользуясь законом Дюлонга и Пти, найти, из какого материала изготовлен металлический цилиндр весом 0,245 Н. Известно, что для его нагревания на 20 К потребовалось количество теплоты 117 Дж.

5. Часы с латунным маятником идут правильно при температуре 273 К. На сколько отстанут часы за сутки, если температура повысится до 293 К? Коэффициент линейного расширения латуни равен  $19 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

Задачи для самостоятельного решения

6. Какую работу надо совершить, чтобы выдуть мыльный пузырь диаметром 14 см, если этот процесс считать изотермическим? Коэффициент поверхностного натяжения мыльной пленки равен 0,045 Н/м.
7. Какую работу необходимо совершить, чтобы каплю масла массой 1 г изотермически раздробить внутри воды на капельки диаметром по 2 мкм? Коэффициент поверхностного натяжения на границе «вода – масло» равен 18 мН/м, плотность масла –  $900 \text{ кг/м}^3$ .
8. В спирт на небольшую глубину опущена капиллярная трубка, внутренний диаметр канала которой 0,5 мм. Определить вес спирта, поднявшегося по каналу, если коэффициент поверхностного натяжения равен 0,022 Н/м.
9. При температуре 273 К длина цинкового стержня равна 200 мм, а медного 201 мм. Поперечные размеры стержней одинаковые. При какой температуре одинаковы: 1) длины стержней; 2) объёмы стержней? Коэффициент линейного теплового расширения цинка  $29 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , меди –  $17 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .
10. Свинцовая пуля, летящая со скоростью 400 м/с, ударяется о стенку и входит в неё. Считая, что 10 % кинетической энергии пули идёт на её нагревание, определить, на сколько нагрелась пуля. Указание: удельную теплоёмкость свинца определить, воспользовавшись законом Дюлонга и Пти.

*Занятие № 15*

**Тема: Фазовые переходы**

Вопросы

1. Что называют: фазой вещества, фазовым переходом? Назовите фазовые переходы.
2. Каковы условия равновесия на границе «жидкость – твердое тело»?
3. Что такое: температура плавления, скрытая теплота плавления?
4. Почему удельная теплота парообразования зависит от температуры жидкости?
5. Что происходит с внутренней энергией и энтропией жидкости при испарении?
6. Каково отличие испарения от кипения?
7. Что такое насыщенный пар, и как определить его давление?
8. Что особой представляет уравнение Клапейрона – Клаузиуса?
9. Какой вид имеет диаграмма равновесия кристаллической, жидкой и газовой фаз? Что такое: а) тройная точка, б) критическое состояние?
10. Чем отличаются фазовые переходы первого рода от фазовых переходов второго рода.

Задачи

1. Определить плотность водяного пара в критическом состоянии, если ван-дер-ваальсова постоянная «b» для него равна  $3 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$ .
2. Определить эффективный диаметр молекулы азота, если критическое давление и критическая температура равны, соответственно, 33,5 атм и 420,1 К.
3. Относительная влажность воздуха при температуре 302 К равна 70 %, а давление насыщенного водяного пара 3,996 кПа. Определить плотность воздуха в этих условиях и точку росы.
4. Определить изменение температуры плавления льда при увеличении внешнего давления на 1 атм, если известно, что при плавлении 1 кмоль льда изменение энтропии равно 22,2 кДж/К. Плотность воды и льда равны, соответственно,  $1000 \text{ кг/м}^3$  и  $900 \text{ кг/м}^3$ .
5. Определить изменение энтропии 10 г льда при превращении его в водяной пар при температуре 373 К. Теплоёмкость льда считать не зависящей от температуры. Начальная температура льда равна 253 К Температуру плавления льда принять равной 273 К.

Задачи для самостоятельного решения



- Сколько эфира должно быть налито в ампулу объёмом  $28,5 \text{ см}^3$ , чтобы при нагревании наблюдать критическое состояние? Критическое давление равно  $35,6 \text{ атм}$ , критическая температура –  $466,8 \text{ К}$ , молярная масса –  $74 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ .
- В комнате объёмом  $120 \text{ м}^3$  при температуре  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  относительная влажность воздуха равна  $60 \%$ . Определить массу водяных паров в комнате. Плотность насыщенного водяного пара при этой температуре равна  $23 \text{ г/м}^3$ .
- Определить абсолютную и относительную влажность воздуха в помещении, если известно, что температура равна  $289 \text{ К}$ , а точка росы  $279 \text{ К}$ .
- Определить изменение энтропии при превращении  $1 \text{ кг}$  пара, находившегося при температуре  $573 \text{ К}$ , в воду и последующем охлаждении воды до температуры  $293 \text{ К}$ .
- Мартеновская печь работает на природном газе. Сколько газа надо израсходовать для выплавки  $50 \text{ т}$  стали, если к.п.д. печи  $40 \%$ ? Начальная температура стали  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , её удельная теплоёмкость  $460 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$ , удельная теплота плавления  $2,7 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$ , температура плавления  $1500 \text{ }^\circ\text{C}$ , удельная теплота сгорания газа  $4,4 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$ .

## Занятие № 16

### Тема: Явления переноса

#### Вопросы

- Какие существуют явления переноса?
- Какова причина: диффузии, внутреннего трения, теплопроводности?
- От чего зависят коэффициенты диффузии, вязкости, теплопроводности?
- Какова связь между этими коэффициентами и чем она обусловлена?
- Куда направлены векторы плотности потока массы молекул, плотности потока импульса молекул, плотности потока теплоты (энергии)?
- Как направлены векторы градиента плотности, градиента скорости дрейфа слоёв вещества, градиента температуры слоёв вещества?

#### Задачи

- Определите массу азота, прошедшего вследствие диффузии через поверхность площадью  $10^{-2} \text{ м}^2$  за  $10$  секунд, если в направлении, перпендикулярном этой поверхности, градиент плотности равен  $1,26 \text{ кг/м}^4$ . Температура азота  $300 \text{ К}$ . Средняя длина свободного пробега молекул азота равна  $10^{-7} \text{ м}$ , а эффективный диаметр  $3,1 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ .
- В условиях предыдущей задачи вычислить коэффициент внутреннего трения азота.
- Чему равен коэффициент теплопроводности двухатомного газа, находящегося в сосуде объёмом  $2 \text{ л}$  и содержащего  $4 \cdot 10^{22}$  молекул, если коэффициент диффузии этого газа равен  $2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$ ?

#### Задачи для самостоятельного решения

- Определить коэффициент диффузии кислорода при температуре  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ , если при нормальных условиях он равен  $14,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ . Считать, что нагревание произошло при неизменном объёме сосуда с кислородом.
- Кислород и углекислый газ имеют одинаковую температуру и давление. Считая эффективные диаметры молекул этих газов одинаковыми, определить отношения: 1) коэффициентов диффузии; 2) коэффициентов внутреннего трения; 3) коэффициентов теплопроводности.
- Какое количество теплоты теряется ежеминутно через окно за счет теплопроводности воздуха между рамами, если площадь окна  $4 \text{ м}^2$ , расстояние между рамами  $3 \text{ см}$ ? Температура в помещении  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , а снаружи  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ . Давление нормальное.

#### 4 семестр

## Занятие № 1

### Тема: Электростатическое поле в вакууме и в веществе

*Электростатическое поле (ЭП) заряженных тел. Действие ЭП на заряды.*

#### Вопросы

- Свойства электрического заряда.
- Закон Кулона.

3. Вектор напряженности электростатического поля (ЭП). Единицы измерения напряженности
4. Напряженность ЭП, созданного точечным зарядом.
5. Вектор индукции (электрическое смещение) ЭП. Единицы измерения индукции.
6. Теорема Остроградского – Гаусса для индукции ЭП.
7. Формулы для индукции (или напряженности) ЭП по теореме О. – Г., созданного: а) точечным зарядом, б) заряженной нитью, в) заряженным цилиндром, г) заряженной сферой, д) заряженной плоскостью.
8. Картина линий напряженности (индукции) электрического поля, созданного перечисленными выше заряженными телами.
9. Теорема о циркуляции напряженности ЭП.
10. Работа ЭП по перемещению заряда.
11. Потенциал и расчет разности потенциалов ЭП, созданного протяженным заряженным телом.
12. Связь разности потенциалов и напряженности ЭП.

#### Задачи

1. В вершинах правильного треугольника со сторонами, равными 10 см каждая, лежат заряды  $2,2 \cdot 10^{-8}$  Кл,  $-1,0 \cdot 10^{-8}$  Кл. Определите напряженность в третьей вершине треугольника.
2. По объему шара, радиус которого 10 см, равномерно распределен заряд с объемной плотностью  $8,85 \cdot 10^{-6}$  Кл/м<sup>3</sup>. Определите вектор напряженности в точках, находящихся на расстоянии 30 мм, 10 см (на поверхности) и 15 см от центра шара.
3. Тонкая проволока длиной 10 см равномерно заряжена зарядом  $3,3 \cdot 10^{-8}$  Кл. Определите напряженность электрического поля на оси проволоки на расстоянии 10 см от ее конца, 10 м от ее конца.
4. Определите работу, которую необходимо совершить, чтобы увеличить расстояние между двумя одинаковыми пластинами площадью 200 см<sup>2</sup> на 3,0 см. Заряды пластин  $2,0 \cdot 10^{-7}$  Кл и  $-2,0 \cdot 10^{-7}$  Кл.

#### Задачи для самостоятельного решения

5. Заряженная пылинка находится в равновесии между пластинами плоского конденсатора. Масса пылинки  $1,0 \cdot 10^{-12}$  г. Определите заряд пылинки, если расстояние между пластинами 1,0 см и разность потенциалов 612 В.
6. Две одинаковые круглые пластины площадью 100 см<sup>2</sup> каждая расположены параллельно друг другу. Заряд одной пластины  $-6,7 \cdot 10^{-8}$  Кл, другой –  $6,7 \cdot 10^{-8}$  Кл. Определите силу взаимного притяжения пластин, если расстояние между ними: а) 1 см, б) 10 м.
7. Расстояние между двумя точечными зарядами  $2,7 \cdot 10^{-8}$  Кл и  $-1,5 \cdot 10^{-8}$  Кл равно 5 см. Определите вектор напряженности в точке, удаленной от первого заряда на 4 см, а от второго на 3 см.
8. Кольцо радиусом 5,0 см из тонкой проволоки равномерно заряжено зарядом  $1,6 \cdot 10^{-8}$  Кл. Определите потенциал поля: а) в центре кольца, б) в точке на оси кольца, отстоящей на 10 см от его плоскости. Определите напряженность электрического поля в этих точках.
9. Положительные заряды  $3,0 \cdot 10^{-5}$  Кл и  $6,0 \cdot 10^{-6}$  Кл находятся в вакууме на расстоянии 3 м друг от друга. Какую работу необходимо совершить, чтобы сблизить заряды до расстояния 0,5 м?

#### *Занятие № 2*

#### *Проводники и диэлектрики в электростатическом поле*

#### Вопросы:

1. Электростатическая защита.
2. Электростатическое поле в диэлектрике.
3. Электрическая ёмкость: уединённого заряда, плоского конденсатора, сферического конденсатора.
4. Электрическая ёмкость батареи конденсаторов при их соединении: а) последовательно, б) параллельно.
5. Энергия: а) конденсатора, б) однородного ЭП, в) неоднородного ЭП.

#### Задачи:

1. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено стеклом (диэлектрическая проницаемость равна 7), расстояние между пластинами 5 мм, разность потенциалов между ними 1 кВ. Определите: а) напряжённость электрического поля в стекле; б) поверхностную плотность заряда на пластинах; в) поверхностную плотность связанных зарядов на стекле.
2. Две концентрические металлические сферы радиусом 20 см и 50 см образуют сферический конденсатор. Из заряды по величине равны 100 нКл. Определить энергию электростатического поля между сферами.
3. К пластина плоского воздушного конденсатора приложена разность потенциалов 500 В. Площадь пластин  $200 \text{ см}^2$ , расстояние между ними 1,5 мм. После отключения конденсатора от источника пространство между пластинами заполнили парафином ( $\epsilon = 2$ ), Определить: а) какой стала разность потенциалов; б) ёмкость конденсатора до внесения диэлектрика; в) ёмкость конденсатора после внесения диэлектрика.
4. Два конденсатора емкостью 3,0 мкФ и 6,0 мкФ соединили между собой и присоединили к батарее с ЭДС 120 В. Определите заряд каждого конденсатора и разность потенциалов между его обкладками, если конденсатора соединены: 1) параллельно; 2) последовательно.

#### Задачи для самостоятельного решения

5. Плоский конденсатор, заполненный слюдой, заряжен до разности потенциалов 600 В. Найдите электрическую восприимчивость слюды и значение векторов поляризации и индукции. Расстояние между обкладками конденсатора 0,2 см.
6. Заряд  $3,0 \cdot 10^{-8}$  Кл находится в центре парафинового шара диаметром 6,0 см. Определите плотность поляризационных зарядов на поверхности шара.
7. Определите емкость цилиндрического конденсатора со стеклянным диэлектриком, если высота конденсатора 20,0 см, радиус внутренней обкладки 7,40 см, а внешней – 7,63 см. (2,54 нФ).
8. Энергия плоского воздушного конденсатора 0,4 нДж, разность потенциалов на обкладках 600 В, площадь пластин  $1 \text{ см}^2$ . Определить: расстояние между обкладками; напряженность поля конденсатора; объемную плотность энергии поля.

### *Занятие № 3*

#### Тема: **Постоянный электрический ток**

##### Вопросы:

1. Сила тока, плотность тока.
2. Электросопротивление: а) цилиндрического резистора, б) батареи резисторов при их последовательном соединении, в) батареи резисторов при их параллельном соединении.
3. Однородный и неоднородный участок цепи.
4. ЭДС, сторонние силы.
5. Закон Ома, правила Кирхгофа.
6. Работа тока, мощность тока (полная, полезная, потеря).
7. КПД источника тока.
8. Закон Джоуля – Ленца
9. Законы электролиза.
10. Газовый разряд: а) самостоятельный, б) несамостоятельный.

##### Задачи

1. Определить плотность тока, текущего по проводнику длиной 5 м, если на концах его поддерживается разность потенциалов 2 В. Удельное сопротивление материала проводника равно  $2 \text{ мкОм/м}$ .
2. В цепи постоянного тока ЭДС источника тока 5,0 В. Внутреннее сопротивление источника тока 0,1 Ом. Резисторы сопротивлениями резисторов 4,0 Ом и 6,0 Ом, соединены параллельно. Найдите токи, текущие через первый и второй резистор.

3. Аккумулятор с ЭДС 2,6 В, замкнутый на внешнее сопротивление, дает ток 1,0 А. При этом разность потенциалов между полюсами аккумулятора равна 2 В. Найдите тепловую мощность, выделяемую в аккумуляторе, полную мощность источника, полезную мощность.
4. При подключении к батарее резистора на нем выделяется мощность 12 Вт. При этом КПД системы, состоящей из батареи и резистора, оказался равным 0,5. Найдите КПД системы при подключении к батарее другого резистора, на котором выделяется мощность 9 Вт.
5. Два проводника сопротивлениями  $10 \text{ Ом}$  и  $16 \text{ Ом}$  соединены параллельно. При прохождении тока на первом проводнике выделяется  $40 \text{ Дж}$  теплоты. Определить, какое количество теплоты выделится в обоих проводниках за то же время при их последовательном соединении.

Задачи для самостоятельного решения

6. Источник тока с э.д.с.  $12 \text{ В}$  и внутренним сопротивлением  $0,5 \text{ Ом}$  соединен с реостатом. Напряжение на зажимах источника равно  $10 \text{ В}$ . Какова длина медной проволоки реостата, если ее сечение  $1 \text{ мм}^2$ ? Удельное сопротивление меди  $1,68 \cdot 10^{-8} \text{ Ом м}$ .
7. Два одинаковых источника тока соединены в одном случае последовательно, в другом – параллельно. В обоих случаях они замкнуты на внешнее сопротивление  $1 \text{ Ом}$ . Найти внутреннее сопротивление каждого источника тока, когда сила тока во внешней цепи в обоих случаях одинакова.
8. У элемента с ЭДС 6 В сила тока при коротком замыкании 3 А. При каком внешнем сопротивлении, подключенном к источнику, полезная мощность будет максимальна? Чему она равна.
9. Электрический чайник имеет две секции нагревателя. При включении первой секции вода закипает через 10 мин, а при включении второй – через 30 мин. Через сколько времени закипит вода, если секции включить параллельно?
10. Никелирование металлического изделия с площадью поверхности  $120 \text{ см}^2$  продолжалось 5 ч при силе тока 0,3 А. Определите толщину  $h$  слоя никеля (валентность равна 3, плотность  $8800 \text{ кг/м}^3$ ).

*Занятие № 4*

**Тема: Магнитное поле в вакууме и в веществе**

*МП токов. Действие МП на токи*

Вопросы

1. Магнитостатическое поле (МП).
2. Вектор индукции МП. Единицы измерения магнитной индукции
3. Индукция МП, созданного элементом тока, закон Био – Савара.
4. Принцип суперпозиции магнитных полей.
5. Теорема Остроградского – Гаусса для индукции МП.
6. Вектор напряженности МП. Единицы измерения.
7. Теорема о циркуляции напряженности магнитного поля.
8. Индукция МП: а) прямого тока, б) кругового тока, в) катушки индуктивности (соленоида).
9. Картина линий индукции (напряженности) МП, созданного перечисленными выше токами.
10. Сила Ампера.
11. Работа ЭП по перемещению проводника (контура) с током.

Задачи

1. По двум бесконечно длинным параллельным проводникам текут токи 70 А и 50 А в противоположных направлениях. Расстояние между проводниками 15 см. Определите индукцию магнитного поля в точке, удаленной от первого проводника на 20 см и от второго проводника на 30 см.

- По круговому витку из тонкого провода радиусом 100 мм циркулирует ток 1 А. Найдите индукцию магнитного поля: а) в центре витка; б) на оси витка в точке, отстоящей от его центра на 100 мм.
- По двум параллельным проводникам длиной по 2 м текут токи 50 А и 100 А в противоположных направлениях. Расстояние между проводниками 10 см. Определите силу взаимодействия токов.
- В однородное магнитное поле с индукцией 0,1 Тл помещена квадратная рамка площадью 25 см<sup>2</sup>. Нормаль к плоскости рамки составляет с направлением магнитного поля угол 60°. Определите вращающий момент сил Ампера, если по рамке течет ток 2 А.
- Два прямолинейных длинных проводника расположены на расстоянии 10 см друг от друга. По проводникам текут токи 20 А и 30 А в одном и том же направлении. Какую работу (на единицу длины проводника) нужно совершить, чтобы раздвинуть эти проводники до расстояния 20 см?

#### Задачи для самостоятельного решения

- По прямолинейному бесконечно длинному проводнику течет ток 12 А. Определите индукцию магнитного поля в точке, равноудаленной от концов проводника и находящейся на расстоянии 8 см от его оси.
- Соленоид длиной 50 см содержит 1000 витков. Определите индукцию магнитного поля внутри соленоида, если сопротивление обмотки равно 120 Ом, а напряжение на её концах равно 60 В.
- По витку, имеющему форму квадрата со стороной 20 см, идет ток 5 А. Определите индукцию магнитного поля в точке пересечения диагоналей и в одной из точек пересечения сторон.
- В однородном магнитном поле с индукцией 0,2 Тл находится прямой проводник длиной 15 см. По нему течет ток 5 А. Определите угол между направлением тока и вектором магнитной индукции, если со стороны поля действует сила 0,13 Н.
- По прямому горизонтальному проводнику протекает ток 10 А. Под ним на расстоянии 1,5 см находится параллельный ему алюминиевый провод (плотность алюминия 2,7 г/см<sup>3</sup>), по которому пропускают ток 1,5 А. Определите площадь поперечного сечения алюминиевого провода, если он удерживается незакрепленным.
- Виток радиусом 5 см с током 1 А помещен в однородное магнитное поле напряженностью 5 кА/м так, что нормаль к витку образует угол 60° с направлением поля. Какую работу совершают силы поля при повороте витка в устойчивое положение?

#### *Занятие № 5*

*МП движущегося заряда, действие МП на движущиеся заряды. Магнетики в магнитном поле*

#### Вопросы:

- Сила Лоренца и её направление.
- Магнитный момент контура с током.
- Микротоки, вектор намагничивания, ток намагничивания (поверхностный ток)
- Магнитная проницаемость, магнитная восприимчивость.
- График кривой намагничивания в случае: а) диамагнетика, б) парамагнетика, в) ферромагнетика?
- Магнитный гистерезис (доменная структура, петля гистерезиса, коэрцитивная сила, остаточная намагниченность).
- Энергия МП.

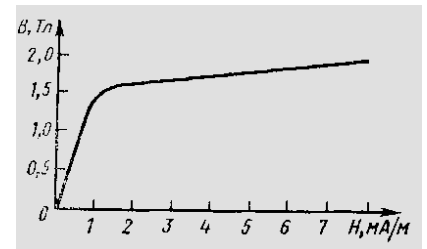
#### Задачи

- Электрон движется прямолинейно с постоянной скоростью 0,2 Мм/с. Определите индукцию магнитного поля в точке А, находящейся на расстоянии 2 нм от мгновенного положения электрона. Угол между скоростью электрона и линией, соединяющей электрон и точку А, равен 45°.

- Электрон влетел в магнитном поле с индукцией 2 мТл. В магнитном поле он движется круговой орбите радиусом 2 см. Определить магнитный момент эквивалентного кругового микротока.
- Протон движется в магнитном поле напряженностью 10 А/м по окружности радиусом 2 см. Найти кинетическую энергию протона (в МэВ).
- Соленоид, имеющий длину 29 см, площадь поперечного сечения 10 см<sup>2</sup> и 400 витков в обмотке, находится в диамагнитной среде. Определить силу тока в обмотке, если индуктивность соленоида равна 1 мГн, а намагниченность внутри него 20 А/м.

#### Задачи для самостоятельного решения

- Электрон в атоме водорода движется вокруг ядра по круговой орбите (в теории Бора) радиусом 52,8 пм. Определить индукцию магнитного поля, созданного элеткромом, в центре его орбиты.
- Электрон со скоростью 10 Мм/с влетел в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Магнитная индукция равна 0,1 Тл. Определите нормальное и тангенциальное ускорения электрона.
- В магнитном поле с индукцией 1,2 Тл по круговой орбите радиусом 45 см движется  $\alpha$  - частица. Определите: а) скорость  $\alpha$  - частицы; б) кинетическую энергию  $\alpha$  - частицы; в) разность потенциалов, пройденную  $\alpha$  - частицей.
- По обмотке соленоида индуктивностью 3 мГн течет ток 0,4 А. Соленоид имеет длину 45 см, площадь поперечного сечения 10 см<sup>2</sup>, 1000 витков, Определите внутри диамагнитной среды соленоида: а) магнитную индукцию, б) намагниченность.
- По соленоиду длиной 0,25 см течет ток 1 А. Число витков в обмотке 500, площадь поперечного сечения соленоида 15 см<sup>2</sup>. В соленоид вставлен железный сердечник (кривая намагничивания – на рисунке). Найти энергию магнитного поля соленоида.



#### Занятие № 6

### Тема: Электромагнитная индукция

#### Вопросы

- Магнитный поток.
- Закон электромагнитной индукции Фарадея. Правило Ленца.
- Будет ли возникать индукционный ток в круговом витке, находящемся в однородном магнитном поле, если: а) перемещать виток поступательно; б) вращать виток вокруг оси, проходящей через центр перпендикулярно плоскости витка; в) вращать виток вокруг оси, лежащей в плоскости витка.
- Явление самоиндукции.
- Определение индуктивности контура. Индуктивность соленоида.
- Индуктивность батареи соленоидов при их соединении: а) последовательно; б) параллельно.
- Явление взаимной индукции.
- Коэффициент трансформации.

#### Задачи

- Поток магнитной индукции сквозь поперечное сечение соленоида без сердечника равен 2 мкВб. Длина соленоида 12,5 см, число витков равно 500. Определите магнитный момент соленоида.
- Рамка в форме равностороннего треугольника помещена в однородное магнитное поле с индукцией 0,08 Тл. Перпендикуляр к плоскости рамки составляет с направлением магнитного поля угол 30°. Определите сторону рамки, если известно, что среднее значение ЭДС индукции, возникающей в рамке при выключении поля за 0,03 с, равно 10 мВ.

3. Проводник длиной 0,5 м движется со скоростью 5 м/с перпендикулярно силовым линиям в однородном магнитном поле, индукция которого 8 мТл. Найдите разность потенциалов, возникающую на концах проводника.
4. Сила тока в соленоиде равномерно возрастает от 0 до 10 А за 1 мин. При этом соленоид накапливает энергию 20 Дж. Какая э.д.с. индуцируется в соленоиде?
5. Резистор сопротивлением 150 Ом и соленоид сопротивлением 15 Ом и индуктивностью 1,5 Гн соединены параллельно и подсоединены через ключ к источнику с ЭДС 60 В. Определить напряжение на концах соленоида через 0,01 с и 0,1 с после размыкания цепи.

Задачи для самостоятельного решения

6. Плоский виток площадью 10 см<sup>2</sup> сделан из проволоки сопротивлением 0,5 Ом. Силовые линии однородного магнитного поля с индукцией 4 Тл перпендикулярны плоскости витка. К витку присоединен гальванометр. Найдите электрический заряд, прошедший через гальванометр при повороте витка на угол 120°.
7. Кольцо из алюминиевого провода (удельное сопротивление меди 26 нОм·м) помещено в магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Диаметр кольца 30 см, диаметр медного провода 2 мм. Найти скорость изменения магнитного поля в тот момент, когда сила тока в кольце станет равной 5 А.
8. Контур площадью 10<sup>-2</sup> м<sup>2</sup> расположен перпендикулярно линиям магнитной индукции. Магнитная индукция меняется по закону  $B(t) = 5 \cdot \sin(4,7 \cdot t)$  Тл. Определите: а) зависимость магнитного потока от времени; б) мгновенное значение магнитного потока через 5 с; в) зависимость ЭДС индукции от времени; г) максимальное значение ЭДС индукции; д) мгновенное значение ЭДС индукции через 5 с.
9. Чему равна объемная плотность энергии магнитного поля соленоида без сердечника, имеющего плотную однослойную намотку проводом диаметром 0,32 мм, если по нему течет ток 0,1 А?
10. Соленоид без сердечника и с однослойной обмоткой из проволоки диаметром 0,5 мм имеет длину 40 см и площадь поперечного сечения 50 см<sup>2</sup>. В течение 0,5 с при напряжении 10 В на концах соленоида в обмотке выделяется количество теплоты, равное энергии магнитного поля внутри соленоида. Считая поле однородным, найти силу тока в обмотке.

*Занятие № 7*

**Тема: Электромагнитные колебания и волны**

*Свободные электромагнитные колебания в электрическом контуре*

Вопросы

1. Понятие: а) электромагнитные колебания; б) колебательный контур.
2. Дифференциальное уравнение и закон колебаний заряда: а) в идеальном контуре, б) в реальном контуре, в) при вынужденных колебаниях в контуре.
3. Период и частота колебаний: а) в идеальном контуре, б) в реальном контуре, в) при вынужденных колебаниях в контуре.
4. Зависимость амплитуда заряда на конденсаторе от времени в реальном контуре.
5. Декремент электромагнитных колебаний.
6. Время релаксации.
7. Изменение тока в катушке идеального колебательного контура.
8. Изменение напряжения на конденсаторе, катушке индуктивности и резисторе.
9. Закон Ома на участках цепи переменного тока.
10. Реактивные сопротивления.
11. Мощность цепи переменного тока
12. Уравнения плоской электромагнитной волны.
13. Связь между напряжённостями ЭП и МП в ЭМВ.
14. Кинематические характеристики ЭМВ: а) скорость (в вакууме, в веществе); б) фаза; в) частота; г) период; д) волновое число; е) длина волны.
15. Энергетические характеристики ЭМВ: а) энергия; б) объемная плотность энергии; в) поток энергии; г) плотность потока энергии (вектор Умова-Пойнтинга); д) интенсивность.

### Задачи

1. Конденсатор колебательного контура был заряжен до 3 мкКл. Зная, что индуктивность катушки равна 2 мГн и частота электромагнитных колебаний 30 Гц, вычислить энергию магнитного поля катушки через 1 с после начала электромагнитных колебаний, считая их незатухающими.
2. Колебательного контур состоит из конденсатора емкостью 10 мкФ, катушки индуктивностью 25 мГн и резистора сопротивлением 1 Ом. Максимальный заряд конденсатора равен 1 мКл. Определить: а) период электромагнитных колебаний, б) логарифмический декремент затухания электромагнитных колебаний, в) уравнение зависимости напряжения на пластинах конденсатора от времени.
3. В цепь переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц последовательно включены резистор сопротивлением 100 Ом, катушка индуктивностью 0,5 Гн и конденсатор ёмкостью 10 мкФ. Определите: 1) силу тока в цепи; 2) падение напряжения на активном сопротивлении; 3) падение напряжения на конденсаторе; 4) падение напряжения на катушке.
4. Определить резонансную частоту колебательной системы, если частота собственных колебаний 300 Гц, а логарифмический декремент затухания колебаний равен 0,2.
5. В среде с  $\epsilon = 2$  и  $\mu = 1$  распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности электрического поля волны 50 В/м. Найти: а) амплитуду напряженности магнитного поля; б) фазовую скорость волны; в) интенсивность волны.

### Задачи для самостоятельного решения

6. Вычислить энергию электрического поля конденсатора через 0,02 с после начала электромагнитных колебаний в идеальном контуре, если конденсатор имеет емкость 1 мФ и был заряжен до 0,4 Кл, а индуктивность катушки равна 2 мГн.
7. Разность потенциалов на обкладках колебательного контура уменьшилась в 3 раза за 1 мс. Определить сопротивление контура, если емкость конденсатора 0,2 мкФ и индуктивность катушки 5,07 мГн.
8. Колебательный контур содержит катушку индуктивностью 6 мкГн, конденсатор емкостью 10 нФ и резистор сопротивлением 10 Ом. Определите для случая максимума тока, каково отношение энергии магнитного поля катушки к энергии электрического поля конденсатора.
9. Определите логарифмический декремент затухания, при котором энергия колебательного контура уменьшается в 8 раз за 5 полных колебаний
10. Колебательный контур содержит сопротивление 20 Ом, катушку индуктивностью 10 мГн, конденсатор емкостью 0,1 мкФ. Определить, через сколько полных колебаний амплитуда тока в контуре уменьшится в  $e$  раз.
11. В цепь переменного тока включены последовательно резистор сопротивлением 3 Ом, катушка и индуктивным сопротивлением 2 Ом и конденсатор с емкостным сопротивлением 6 Ом. Какая мощность выделяется в цепи при действующем значении силы тока 2 А?
12. Уравнение плоской электромагнитной волны, распространяющейся в немагнитной среде с ( $\mu = 1$ ), имеет вид:  $E(x,t) = 2 \cdot 10^{-2} \sin(2\pi \cdot 10^6 t - 8,97x)$  В/м. Определить: частоту колебаний, фазовую скорость, диэлектрическую проницаемость среды, длину волны, интенсивность волны.
13. В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности ее магнитного поля 0,1 А/м. Определить: амплитуду напряженности электрического поля; среднюю по времени объемную плотность энергии волны.

*Занятие № 8*

### **Тема: Основы волновой оптики**

#### *Интерференция света*

#### Вопросы

1. Принцип Гюйгенса.
2. Понятия: а) интерференция, б) интерференционная картина, в) интерференционный спектр.
3. Условия максимумов и минимумов интерференционной картины.



4. Ход лучей при интерференции методом деления волнового фронта: а) схема Юнга, б) бизеркала Френеля, в) бипризма Френеля.
5. Ход лучей при интерференции методом деления амплитуды (энергии) волны: а) тонкие плёнки, б) кольца Ньютона.
6. В чем состоит просветление оптики.
7. Что происходит с интерференционной картиной света от монохроматического источника, если пучки света идут не в воздухе, а в воде?
8. Чем отличается интерференционная картина красного монохроматического света от интерференционной картины монохроматического фиолетового света?
9. Чем отличается интерференционная картина белого света от интерференционной картины монохроматического света?

#### Задачи

1. Найти все длины волн видимого света (от 0,76 до 0,38 мкм), которые будут: 1) максимально усилены; 2) максимально ослаблены при оптической разности хода  $\Delta$  интерферирующих волн, равной 1,8 мкм.
2. В опыте Юнга расстояние от щелей до экрана 3 м. Определить угловое расстояние между соседними светлыми полосами, если третья светлая полоса отстоит от центра картины на расстоянии 4,5 мм.
3. В опыте с зеркалами Френеля расстояние  $d$  между мнимыми изображениями источника света равно 0,5 мм, расстояние  $l$  от них до экрана равно 3 м. Длина волны  $\lambda=0,6$  мкм. Определить ширину  $b$  полос интерференции на экране.
4. Установка для получения колец Ньютона освещается монохроматическим светом, падающим по нормали к поверхности пластинки. Радиус кривизны линзы 8,6 м. Наблюдение ведется в отраженном свете. Измерениями установлено, что радиус четвертого темного кольца (считая центральное темное пятно нулевым)  $r_4 = 4,5$  мм. Найдите длину волны падающего света.

#### Задачи для самостоятельного решения

5. В опыте Юнга отверстия освещались монохроматическим светом длиной волны 600 нм. Расстояние между отверстиями 1 мм, расстояние от отверстий до экрана 3 м. Найдите положение первых трех светлых полос.
6. В опыте Юнга расстояние между двумя щелями, на которые падает свет длиной волны 0,6 мкм, равно 0,5 мм. Определить расстояние от щелей до экрана, если ширина интерференционных полос оказалась равной 1,2 мм.
7. Определите, во сколько раз изменится ширина интерференционных полос в опыте с зеркалами Френеля, если фиолетовый светофильтр (пропускаемая длина волны 400 нм) заменить красным (700 нм).
8. Установка для получения колец Ньютона освещается монохроматическим светом, падающим параллельно главной оптической оси линзы. Наблюдение ведется в отраженном свете. Радиусы двух соседних темных колец равны 4,0 мм и 4,38 мм. Радиус кривизны линзы 6,4 м. Найдите порядковые номера колец и длину волны падающего света.
9. Белый свет падает под углом  $45^\circ$  на мыльную пленку, показатель преломления которой 1,33. Определить наименьшую толщину пленки, при которой отраженные ли будут окрашены в желтый цвет ( $\lambda = 580$  нм).

#### Занятие № 9

#### *Дифракция света*

#### Вопросы

1. Принцип Гюйгенса - Френеля.
2. Зоны Френеля, радиус внешней границы  $m$ -й зоны Френеля.
3. Понятия: а) дифракция, б) дифракционная картина, в) дифракционный спектр.
4. Условия максимумов и минимумов дифракционной картины Френеля.
5. Ход лучей при их нормальном падении: а) на щель, б) на дифракционную решетку.
6. Условия главных максимумов и дополнительных минимумов дифракционной картины при нормальном падении света на дифракционную решётку.

7. Разрешающая способность дифракционной решётки.
8. Условия максимумов от пространственной дифракционной решётки (формула Вульфа – Брэгга).
9. Чем отличается дифракционная картина красного монохроматического света от дифракционной картины монохроматического фиолетового света?
10. Чем отличается дифракционная картина белого света от дифракционной картины монохроматического света?

#### Задачи

1. Определите радиус третьей зоны Френеля для случая плоской волны. Расстояние от волновой поверхности до точки наблюдения равно 1,5 м. Длина волны 0,6 мкм.
2. На узкую щель шириной 0,05 мм падает нормально голубой свет ( $\lambda = 490$  нм). Определить направление (угол дифракции) на вторую дифракционную полосу.
3. На щель шириной 0,1 мм падает нормально монохроматический свет 500 нм. Определите расстояние от экрана до собирающей линзы, которая находится вблизи щели для формирования дифракционной картины, если расстояние между первыми дифракционными минимумами по обе стороны от центрального максимума равно 1 см.
4. Свет с  $\lambda = 589,0$  нм падает нормально на дифракционную решетку с периодом  $d = 2,5$  мкм, содержащую  $N = 10\ 000$  штрихов. Найти угловую ширину дифракционного максимума второго порядка.
5. Узкий пучок рентгеновского излучения длиной волны 245 пм падает под некоторым углом скольжения на грань монокристалла NaCl (молярная масса  $58,5 \cdot 10^{-3}$  кг/моль), плотность которого  $2,16$  г/см<sup>3</sup>. Определить угол скольжения, если при отражении от этой грани наблюдается максимум второго порядка.

#### Задачи для самостоятельного решения

6. На диафрагму с круглым отверстием диаметром 5 мм падает параллельный пучок света с длиной волны 600 нм. Определить расстояние от отверстия до точки наблюдения, если отверстие открывает: 1) две зоны Френеля, 2) три зоны Френеля.
7. Между точечным источником света и экраном поместили диафрагму с круглым отверстием, радиус которого  $r$  можно менять в процессе опыта. Расстояния от диафрагмы до источника и экрана равны  $a = 100$  см и  $b = 125$  см. Определить длину волны света, если максимум освещенности в центре дифракционной картины на экране наблюдается при  $r_1 = 1,00$  мм и следующий максимум при  $r_2 = 1,29$  мм.
8. Монохроматический свет 500 нм падает на длинную прямоугольную щель шириной 12 мкм под углом  $45^\circ$  к её нормали. Определить угловое положение первых минимумов ( $m = \pm 1$ ) расположенных по обе стороны от центрального фраунгоферова максимума.
9. На дифракционную решетку нормально падает желтый свет ( $\lambda = 570$  нм). Угол дифракции для 5-го максимума  $30^\circ$ , а минимальная разность длин, разрешаемая решеткой,  $\Delta\lambda = 0,2$  нм. Определить: постоянную решетки; длину решетки.
10. Какое число штрихов на единицу длины имеет дифракционная решетка, если зеленая линия ртути ( $\lambda = 546,1$  нм) в спектре первого порядка наблюдается под углом  $19^\circ 8'$ ?
11. Узкий пучок монохроматического рентгеновского излучения падает на грань кристалла, межатомное расстояние которого  $0,3$  нм. Определить длину волны, если под углом падения  $60^\circ$  наблюдается дифракционный максимум 2-го порядка.
12. Узкий пучок рентгеновского излучения длиной волны 245 пм падает под углом скольжения  $60^\circ$  на грань монокристалла NaCl (молярная масса  $58,5 \cdot 10^{-3}$  кг/моль), плотность которого  $2,16$  г/см<sup>3</sup>. Определить длину волны излучения, если при отражении от этой грани наблюдается максимум третьего порядка.

*Занятие № 10*

**Тема: Взаимодействие света с веществом**

#### Вопросы

1. Поляризованный и естественный свет.
2. Закон Брюстера.

3. Закон Малюса.
4. Угол поворота плоскости поляризации: а) оптически активной средой, б) магнитным полем
5. Уравнение дисперсии. Нормальная и аномальная дисперсия.
6. Суть электронной теории Друде-Лоренца.
7. Закон Бугера.
8. Какими будут казаться красные буквы, если их рассматривать через зеленое стекло?
9. Типы рассеяния света.
10. Формула Релея.
11. Эффект Доплера. Продольный эффект Доплера. Поперечный эффект Доплера.
12. Излучение Вавилова – Черенкова.

#### Задачи

1. Предельный угол полного отражения для пучка света на границе раздела кристалла каменной соли с воздухом равен  $40,5^\circ$ . Определите угол Брюстера при падении света из воздуха на поверхность этого кристалла.
2. Определите, во сколько раз уменьшится интенсивность света, прошедшего через два николя (поляризатор и анализатор), если угол между их главными плоскостями  $60^\circ$  и в каждом никеле теряется 8 % интенсивности падающего света.
3. Пластика кварца толщиной 2 мм, вырезанная перпендикулярно оптической оси кристалла, поворачивает плоскость поляризации монохроматического света некоторой длины волны на угол  $30^\circ$ . Определите толщину такой кварцевой пластинки, которая при помещении между параллельными николями полностью гасит этот свет.
4. Найти концентрацию свободных электронов ионосферы, если для радиоволн с частотой  $\nu = 100$  МГц ее показатель преломления  $n = 0,90$ .
5. Толщина стекла в теплице 4 мм. Коэффициент поглощения для стекла в инфракрасной области спектра  $0,62 \text{ см}^{-1}$ . Какая доля энергии достигает растений?
6. В спектральных линиях, излучаемых астрономическими объектами – квазарами, наблюдается красное смещение, которое отвечает трёхкратному уменьшению частоты излучения. Определите, с какой скоростью удаляется квазар.

#### Задачи для самостоятельного решения

7. На какой угловой высоте над горизонтом находится Солнце, если солнечный луч, отраженный от поверхности воды ( $n = 1,33$ ), максимально поляризован?
8. Пластика кварца толщиной 2 мм, вырезанная перпендикулярно оптической оси кристалла, поворачивает плоскость поляризации монохроматического света на угол  $30^\circ$ . Определить толщину другой кварцевой пластинки, необходимой для полного гашения света.
9. Естественный монохроматический свет падает на систему из двух скрещенных николей, между которыми находится кварцевая пластинка, вырезанная перпендикулярно к оптической оси. Найти минимальную толщину пластинки, при которой эта система будет пропускать  $\eta = 0,30$  светового потока, если постоянная вращения кварца  $\alpha = 17$  угл.град/мм.
10. Имея в виду, что для достаточно жестких рентгеновских лучей электроны вещества можно считать свободными, определить, насколько отличается от единицы показатель преломления графита для рентгеновских лучей с длиной волны в вакууме  $\lambda = 50$  пм.
11. Коэффициент поглощения некоторого вещества для монохроматического света определенной длины волны равен  $0,1 \text{ см}^{-1}$ . /Определить толщину слоя вещества, которая необходима для ослабления света: а) в 2 раза, б) в 5 раз. Потери на отражение света не учитывать.
12. Определите минимальный импульс, которым должен обладать электрон, чтобы эффект Вавилова – Черенкова наблюдался в среде с показателем преломления 1,5.

*Занятие № 11*

**Тема: Основы геометрической оптики**

*Законы геометрической оптики*

#### Вопросы

1. Абсолютный показатель преломления, относительный показатель преломления.

2. Принцип Ферма.
3. Законы геометрической оптики: а) отражения, б) преломления, в) прямолинейности лучей, г) обратимости лучей.
4. Понятия: а) зеркало, б) призма, в) линза, г) оптическая система, д) оптический прибор.
5. Понятия: а) луч, б) главная оптическая ось, в) фокус, фокусное расстояние, г) оптическая сила линзы, д) увеличение изображения.
6. Типы зеркал: а) по форме, б) по напылению на поверхность.
7. Характерные точки, линии, плоскости, лучи при построении изображений с помощью: а) плоского зеркала, б) сферического зеркала, в) тонкой линзы.
8. Формула: а) сферического зеркала; б) тонкой линзы.
9. Преломляющий угол призмы.

#### Задачи

1. На краю бассейна стоит человек и наблюдает камень, лежащий на дне. Глубина бассейна равна  $h$ . На каком расстоянии от поверхности воды видно изображение камня, если луч зрения составляет с нормалью к поверхности воды угол  $\vartheta$ ?
2. Предельный угол полного отражения на границе стекло – жидкость равен  $65^\circ$ . Определите показатель преломления жидкости, если показатель преломления стекла равен 1,5.
3. На стеклянную призму с преломляющим углом  $55^\circ$  падает луч света под углом  $30^\circ$ . Определить угол отклонения луча призмой, если показатель преломления стекла равен 1,5.
4. Вычислите и начертите количество изображений точечного источника света, если источник находится между двух плоских зеркал, между которыми угол  $30^\circ$ .
5. Постройте изображение предмета от выпуклого зеркала, если предмет находится от вершины зеркала на расстоянии: а) меньше фокусного расстояния, б) равном фокусному расстоянию, в) больше фокусного расстояния, но меньше радиуса кривизны, г) равном радиусу кривизны, д) больше радиуса кривизны. Охарактеризуйте изображение в каждом случае.
6. Необходимо изготовить плоско-выпуклую линзу с оптической силой 4 дптр. Определить радиус кривизны выпуклой поверхности линзы, если показатель преломления материала линзы равен 1,6.

#### Задачи для самостоятельного решения

7. На плоскопараллельную стеклянную пластину толщиной 5 см падает луч света под углом  $30^\circ$ . Вычислите боковое смещение  $s$  луча, прошедшего сквозь эту пластину. Показатель преломления стекла 1,5.
8. Луч света выходит из стекла в воздух. Вычислите скорость света в стекле, если предельный угол полного внутреннего отражения равен  $42^\circ$ .
9. Луч света выходит из стеклянной призмы ( $n = 1,5$ ) под тем же углом, что и падает на неё. Определить угол отклонения луча призмой, если её преломляющий угол  $60^\circ$ .
10. Постройте изображение точечного источника света в двух плоских зеркалах, если угол между ними равен  $120^\circ, 90^\circ, 72^\circ, 60^\circ, 45^\circ$ . Сколько изображений получается?
11. Вогнутое сферическое зеркало имеет радиус кривизны  $R=45$  см. Расстояние от предмета, высота которого 3 см, до этого зеркала равно двум радиусам кривизны. Постройте изображение предмета и вычислите: а) фокусное расстояние, б) положение изображения предмета, в) увеличение изображения. Какое получилось изображение: увеличенное или уменьшенное, прямое или перевёрнутое, действительное или мнимое?
12. Двояковыпуклая линза из стекла ( $n_c = 1,5$ ) обладает оптической силой 4 дптр. При её погружении в жидкость ( $n_{ж} = 1,7$ ) линза действует как рассеивающая. Определить: 1) оптическую силу линзы в жидкости, 2) фокусное расстояние линзы в жидкости, 3) положение изображения точки, находящейся на главной оптической оси на расстоянии трёх фокусов от линзы для случаев линзы в воздухе и в жидкости, построить эти изображения.

**Занятия № 12**

**Тема: Основы фотометрии**

#### Вопросы

1. Основные понятия фотометрии.

2. Освещенность от точечного источника.
3. Закон Ламберта.
4. Освещенность изображения, даваемого линзой.

#### Задачи

1. Точечный изотропный источник испускает световой поток  $\Phi = 10$  лм с длиной волны  $\lambda = 0,59$  мкм. Найти амплитудные значения напряженностей электрического и магнитного полей этого светового потока на расстоянии  $r = 1,0$  м от источника.
2. Ламбертовский источник имеет вид бесконечной плоскости. Его яркость равна  $L$ . Найти освещенность площадки, расположенной параллельно данному источнику.
3. На высоте  $h = 1,0$  м над центром круглого стола радиуса  $R = 1,0$  м подвешен точечный источник, сила света которого  $I$  так зависит от направления, что освещенность всех точек стола оказывается равномерной. Найти вид функции  $I(\vartheta)$ , где  $\vartheta$  — угол между направлением излучения и вертикалью, а также световой поток, падающий на стол, если  $I(0) = I_0 = 100$  кд.
4. Найти с помощью кривой относительной спектральной чувствительности глаза:
  - а) поток энергии, соответствующий световому потоку в 1,0 лм с длиной волны 0,51 и 0,64 мкм; б) световой поток, приходящийся на интервал длин волн от 0,58 до 0,63 мкм, если соответствующий поток энергии  $\Phi_3 = 4,5$  мВт, причем последний распределен равномерно по всем длинам волн этого интервала. Считать, что в данном спектральном интервале функция  $V(\lambda)$  зависит линейно от длины волны.

#### Задачи для самостоятельного решения

5. Светильник из молочного стекла имеет форму шара диаметром  $d=20$  см. Сила света  $I$  шара равна 80 кд. Определить полный световой поток  $\Phi$ , светимость  $M$  и яркость  $L$  светильника.
6. Светильник, имеющий вид равномерно светящейся сферы радиуса  $R = 6,0$  см, находится на расстоянии  $h = 3,0$  м от пола. Яркость светильника  $L = 2,0 \cdot 10^4$  кд/м<sup>2</sup> и не зависит от направления. Найти освещенность пола непосредственно под светильником.
7. Солнце, находясь вблизи зенита, создает на горизонтальной поверхности освещенность  $E = 0,1$  Млк. Диаметр Солнца виден под углом  $\alpha=32'$ . Определить видимую яркость  $L$  Солнца.
8. Освещенность  $E$  поверхности, покрытой слоем сажки, равна 150 лк, яркость  $L$  одинакова во всех направлениях и равна 1 кд/м<sup>2</sup>. Определить коэффициент отражения  $\rho$  сажки.
9. Найти среднюю освещенность облучаемой части непрозрачной сферы, если на нее падает:
  - а) параллельный световой поток, создающий в точке нормального падения освещенность  $E_0$ ; б) свет от точечного изотропного источника, находящегося на расстоянии  $l = 100$  см от центра сферы. Радиус сферы  $R = 60$  см и сила света  $I = 36$  кд.

*Занятия № 13*

### Тема: **Основы квантовой оптики**

#### Вопросы

1. Понятие теплового излучения
2. Спектральная плотность энергетической светимости, суммарная энергетическая светимость (излучательная способность) тела
3. Закон Кирхгофа
4. Представление о фотоне: а) энергия (гипотеза Планка), б) масса, в) импульс
5. Формула Планка для теплового излучения
6. Энергетическая светимость твёрдого тела, закон Стефана-Больцмана
7. Закон смещения Вина
8. Понятия фотоэффекта, внешнего фотоэффекта
9. Законы Столетова для внешнего фотоэффекта
10. Уравнение Эйнштейна для однофотонного внешнего фотоэффекта, красная граница
11. Давление света при нормальном падении на поверхность
12. Комптоновский сдвиг (эффект Комптона)

#### Задачи

1. Излучение Солнца по своему спектральному составу близко к излучению абсолютно черного тела, для которого максимум спектральной плотности энергетической светимости

- приходится на длину волны 0,48 мкм. Найти: а) температуру поверхности Солнца, б) энергию, теряемую Солнцем на излучение в течение 10 мин; в) массу, теряемую за это же время; г) время, за которое масса Солнца уменьшится на 1%.
2. Энергетическая светимость абсолютно черного тела  $1,3 \cdot 10^{11}$  Вт/м<sup>2</sup>. Определить длину волны, отвечающую максимуму спектральной плотности энергетической светимости этого тела.
  3. Калиевый катод освещается монохроматическим светом длиной волны 400 нм. Определить наименьшее задерживающее напряжение между катодом и анодом при котором фототок прекращается. Работа выхода фотоэлектронов с поверхности калия равна 2,2 эВ.
  4. Определить красную границу фотоэффекта для цинка и максимальную скорость фотоэлектронов, вырываемых с его поверхности электромагнитным излучением с длиной волны 250 нм.
  5. Давление монохроматического света длиной волны 600 нм на зачернённую поверхность, расположенную перпендикулярно падающему излучению, равно 0,1 мкПа. Определите: а) концентрацию фотонов в падающем пучке света; б) число фотонов, падающих каждую секунду на 1 м<sup>2</sup> поверхности.
  6. Фотон с длиной волны 5 пм испытал комптоновское рассеяние под углом 90° на первоначально покоившемся свободном электроне. Определите: а) изменение длин волны фотона при рассеянии; б) энергию отдачи электрона; в) импульс отдачи электрона.

#### Задачи для самостоятельного решения

1. Вследствие изменения температуры черного тела максимум спектральной плотности энергетической светимости сместился в спектре теплового излучения с длины волны 2,4 мкм до 0,8 мкм. Как и во сколько раз изменились: а) суммарная энергетическая светимость тела; б) максимальная спектральная плотность энергетической светимости?
2. Имеется два абсолютно черных источника теплового излучения. Температура одного из них  $T_1 = 2500$  К. Найти температуру другого источника, если длина волны, отвечающая максимуму его спектральной плотности энергетической светимости, на  $\Delta\lambda = 0,50$  мкм больше длины волны, соответствующей максимуму спектральной плотности энергетической светимости первого источника.
3. При поочередном освещении поверхности некоторого металла светом с длинами волн  $\lambda_1 = 0,35$  мкм и  $\lambda_2 = 0,54$  мкм обнаружили, что соответствующие максимальные скорости фотоэлектронов отличаются друг от друга в  $\eta = 2,0$  раза. Найти работу выхода с поверхности этого металла.
4. Будет ли наблюдаться фотоэффект, если на поверхность серебра направить ультрафиолетовое излучение с длиной волны 300 нм?
5. Давление монохроматического света длиной волны 500 нм на зачернённую поверхность, расположенную перпендикулярно падающему излучению, равно 0,15 мкПа. Определите число фотонов, падающих на поверхность площадью 40 см<sup>2</sup> за 1 с
6. Фотон с энергией 1,025 МэВ рассеялся на первоначально покоившемся свободном электроне. Определите угол рассеяния фотона, если длина волны рассеянного фотона оказалась равной комптоновской длине волны 2,43 пм.

*Занятие № 14*

**Темы: Корпускулярно-волновой дуализм.**

**Уравнение Шрёдингера и его решение**

#### Вопросы

1. Гипотеза Луи де Бройля.
2. Длина волны де Бройля релятивистской частицы
3. Групповая скорость волны де Бройля
4. Соотношения неопределённостей Гейзенберга
5. Стационарное уравнение Шредингера.
6. Общий вид волновой функции

7. Условие нормировки волновой функции.

Задачи

1. Вычислить дебройлевские длины волн электрона, протона и атома урана, имеющих одинаковую кинетическую энергию 100 эВ.
2. Заряженная частица, ускоренная разностью потенциалов 500 В, имеет длину волны де Бройля 1,282 пм. Считая заряд этой частицы равным заряду электрона, определит её массу.
3. Длина волны фотона, который испущен атомом, равна 0,6 мкм. Принимая время жизни атома в возбуждённом состоянии равным  $10^{-8}$  с, определить отношение естественной ширины энергетического уровня, на котором был возбуждён электрон, к излучаемой энергии.
4. Электрон с кинетической энергией  $T \approx 4$  эВ локализован в области размером  $l = 1$  мкм. Оценить с помощью соотношения неопределённостей относительную неопределённость его скорости.
5. Волновая функция некоторой частицы имеет вид  $\psi = A \cdot \exp(-r/a)$ , где  $A$  и  $a$  – константы,  $r$  – расстояние частицы от силового центра. Найти наиболее вероятное расстояние  $r_{\text{вер}}$  частицы от центра.
6. Частица массы  $m$  движется в одномерном потенциальном поле  $U = kx^2/2$  (гармонический осциллятор). Оценить минимально возможную энергию частицы в таком поле.

Задачи для самостоятельного решения

7. Кинетическая энергия электрона равна 0,6 МэВ. Определите его длину волны де Бройля.
8. Определить длину волны де Бройля, характеризующую волновые свойства атома водорода, который движется со скоростью, равной средней квадратичной скорости при температуре 17 °С.
9. Воспользовавшись соотношением неопределённостей, оцените размытость (ширину) энергетического уровня атома водорода в состоянии: а) основном; б) возбужденном со временем жизни  $10^{-8}$  с.
10. Оценить с помощью соотношения неопределённостей минимальную кинетическую энергию электрона, локализованного в области размером  $l = 0,20$  нм.
11. Частица находится в двумерной прямоугольной потенциальной яме с абсолютно непроницаемыми стенками ( $0 < x < a$ ,  $0 < y < b$ ). Определить вероятность нахождения частицы с наименьшей энергией в области  $0 < x < a/3$ .
12. Частица находится в бесконечно глубокой одномерной потенциальной яме шириной  $l$  на втором энергетическом уровне. В каких точках ямы плотность вероятности обнаружения частицы совпадает с классической плотностью вероятности?

*Занятие № 15*

Тема: **Физика атома**

Вопросы

1. Модели атома водорода, их несоответствие опытным данным
2. Основы теории Бора, её недостатки
3. Коэффициенты прозрачности и отражения потенциального барьера.
4. Решение уравнения Шредингера для атома водорода. Физический смысл квантовых чисел.
5. Спин электрона.
6. Принцип запрета Паули. Периодическая система химических элементов.
7. Спектральные термы.
8. Правила Хунда.
9. Механический момент атома.
10. Магнитный момент атома.
11. Правила отбора

Задачи

1. Какой серии принадлежит спектральная линия атомарного водорода, волновое число которой равно разности волновых чисел следующих двух линий серии Бальмера: 486,1 и 410,2 нм? Какова длина волны этой линии?

2. Определить длины волн спектральных линий, возникающих при переходе возбужденных атомов лития из состояния 3S в основное состояние 2S. Ридберговские поправки для S- и P-термов равны -0,41 и -0,04.
3. Написать с помощью правил Хунда спектральный символ основного терма атома, единственная незаполненная подоболочка которого заполнена: а) на 1/3, и  $S = 1$ ; б) на 70%, и  $S = 3/2$ .
4. Найти максимально возможный полный механический момент и спектральное обозначение терма атома: а) натрия, валентный электрон которого имеет главное квантовое число  $n = 4$ ; б) с электронной конфигурацией  $1s^2 2p 3d$
5. У атома какого элемента заполнены K-, L- и M-оболочки, 4s-подоболочка и наполовину 4p-оболочка?

#### Задачи для самостоятельного решения

6. Какие линии содержит спектр поглощения атомарного водорода в диапазоне длин волн от 94,5 до 130,0 нм?
7. Найти квантовое число  $n$ , соответствующее возбужденному состоянию иона  $He^+$ , если при переходе в основное состояние этот ион испустил последовательно два фотона с длинами волн 108,5 и 30,4 нм.
8. Определить энергию электрона атома водорода в стационарном состоянии, для которого волновая функция  $\psi(r) = A(1+ar)e^{-ar}$ , где  $A$ ,  $a$  и  $\alpha$  — некоторые постоянные.
9. Найти энергию связи электрона в основном состоянии водородоподобных ионов, в спектре которых длина волны третьей линии серии Бальмера равна 108,5 нм.
10. Энергия связи валентного электрона атома лития в состояниях 2S и 2P равна соответственно 5,39 и 3,54 эВ. Вычислить ридберговские поправки для S- и P-термов этого атома.
11. Установить, какие из нижеперечисленных переходов запрещены правилами отбора:  $^2D_{3/2} \rightarrow ^2P_{1/2}$ ,  $^3P_1 \rightarrow ^2S_{1/2}$ ,  $^3F_3 \rightarrow ^3P_2$ ,  $^4F_{7/2} \rightarrow ^4D_{5/2}$ .
12. Атом находится в состоянии, мультиплетность которого равна 3, а полный механический момент  $\hbar\sqrt{3}$ . Каковы значения его орбитального квантового числа?

#### *Занятие № 16*

#### Тема: Ядерная физика

##### Вопросы

1. Чем отличаются ядра-изобары от ядер-изотопов?
2. Закон радиоактивного распада
3. Постоянная распада и период полураспада
4. Типы радиоактивного распада, правила смещения
5. Почему прочность ядер уменьшается у тяжелых элементов?
6. Под действием каких частиц – альфа-частиц или нейтронов – ядерные реакции более эффективны (и почему)?
7. Законы сохранения в ядерных реакциях
8. Каков характер цепной реакции деления, если : а)  $k > 1$ ; б)  $k = 1$ ; в)  $k < 1$ ?

##### Задачи

1. Искусственно полученный радиоактивный изотоп кальция  $^{45}_{20}Ca$  имеет период полураспада, равный 164 суткам. Найти активность 1 мкг этого препарата.
2. Вычислить массу (в а. е. м.): а) атома Li-8, энергия связи ядра которого 41,3 МэВ; б) ядра C-10, у которого энергия связи на один нуклон равна 6,04 МэВ.
3. Определите минимальную энергию, необходимую для разделения ядра углерода  $^{12}_6C$  на три одинаковых частицы. Масса ядра углерода  $m_C = 11,9967$  а.е.м, масса ядра гелия  $m_{He} = 4,0015$  а.е.м, ( $1$  а.е.м =  $1,66 \cdot 10^{-27}$  кг, скорость света  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с,  $1$  МэВ =  $1,6 \cdot 10^{-13}$  Дж). Ответ представьте в мегаэлектронвольтах и округлите до десятых.
4. Найдите энергию, освобождающуюся при ядерной реакции  $^3_7Li + ^1_1H \rightarrow ^2_4He + ^2_4He$ .
5. Какие из нижеследующих процессов запрещены законом сохранения лептонного заряда:  
1)  $n \rightarrow p + e^- + \nu$ ;



- 2)  $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + e^- + e^+$ ;
- 3)  $\pi^- \rightarrow \mu^- + \nu$ ;
- 4)  $p + e^- \rightarrow n + \nu$ ;
- 5)  $\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu + \nu$ ;
- 6)  $K^- \rightarrow \mu^- + \nu$ ?

#### Задачи для самостоятельного решения

6. Какая часть атомов радиоактивного кобальта  $^{58}_{27}\text{Co}$  распадается за 20 суток, если период полураспада равен 72 суткам?
7. Вычислить кинетические энергии протонов, импульсы которых равны 0,10, 1,0 и 10 ГэВ/с, где  $c$  — скорость света.
8. Вычислить энергию, необходимую для разделения ядра  $\text{Ne}^{20}$  на две  $\alpha$ -частицы и ядро  $\text{C}^{12}$ , если известно, что энергии связи на один нуклон в ядрах  $\text{Ne}^{20}$ ,  $\text{He}^4$  и  $\text{C}^{12}$  равны соответственно 8,03, 7,07 и 7,68 МэВ.
9. Найти число нейтронов, возникающих в единицу времени в урановом реакторе, тепловая мощность которого 100 МВт, если среднее число нейтронов на каждый акт деления равно 2,5. Считать, что при каждом делении освобождается энергия 200 МэВ.
10. Считая, что в одном акте деления ядра U-235 освобождается энергия 200 МэВ, определить: а) энергию, выделяющуюся при сгорании одного килограмма изотопа U-235, и массу каменного угля с теплотворной способностью 30 кДж/г, эквивалентную в тепловом отношении одному килограмму U-235; б) массу изотопа U-235, подвергшегося делению при взрыве атомной бомбы с тротильным эквивалентом 30 килотонн, если тепловой эквивалент тротила равен 4,1 кДж/г.
11. Напишите недостающие обозначения в следующих ядерных реакциях:
  - 1)  $^{27}_{13}\text{Al} + ^1_0\text{n} \rightarrow ? + ^4_2\text{He}$  ;
  - 2)  $^{12}_6\text{C} + ^1_1\text{H} \rightarrow ^{13}_6\text{C} + ?$  ;
  - 3)  $? + ^1_1\text{H} \rightarrow ^{22}_{11}\text{Na} + ^4_2\text{He}$  ;
  - 4)  $^{55}_{25}\text{Mn} + ? \rightarrow ^{55}_{26}\text{Fe} + ^1_0\text{n}$  ;
  - 5)  $^{27}_{13}\text{Al} + \gamma \rightarrow ^{26}_{12}\text{Mg} + ?$  .

### Лабораторные занятия

#### 3 семестр

#### *Механика*

#### Лабораторная работа № 1: Измерение плотности твёрдого тела

##### Цели работы:

1. Изучить устройство штангенциркуля и научиться измерять линейные размеры тела с его помощью.
2. Изучить устройство микрометра и научиться измерять линейные размеры тела с его помощью.
3. Изучить правила пользования электронными весами и научиться измерять массу тел с их помощью.
4. Вычислить плотность однородного твердого тела.
5. Изучить технологию обработки результатов измерений, выполненных при одинаковых начальных условиях.

##### Приборы и принадлежности:

электронные весы, штангенциркуль, микрометр, однородное твёрдое тело.

##### Контрольные вопросы:

- Что такое плотность вещества? В чем ее физический смысл?
- Что характеризует плотность: свойство тела или свойства вещества?
- Как изменяется плотность тела при изменении температуры?

- Как узнать есть ли в отливке внутренние пустоты (раковины), если известен материал, из какого она изготовлена?
- Выведите расчётную формулу для вычисления плотности тела.
- Какие измерения называют: а) прямыми; б) косвенными? Какие величины являются прямыми измерениями в расчётной формуле?
- Опишите ход работы.
- Сколько надо сделать опытов при одинаковых начальных условиях, чтобы надёжность прямых измерений была 80 %, 90 % ?
- Как пользоваться микрометром, штангенциркулем, весами?
- Каковы для этих приборов: а) пределы измерений; б) цена деления; в) погрешность отсчета; г) погрешность прибора?
- Как для прямых измерений вычислить: а) систематическую погрешность; б) случайную погрешность; в) абсолютную погрешность; относительную погрешность?
- Что является источником систематических и случайных погрешностей?
- Почему относительная погрешность лучше характеризует качество измерений, чем абсолютная? Примеры.
- Что называют стандартной формой записи приближенного числа?
- Что называют значащей цифрой? Какие цифры значащие в числе: 0,352; 5,60; 23,10?
- Каковы правила округления при вычислении погрешностей? Привести примеры.
- Какие цифры называют верными в приближённом числе, какие сомнительными? Как (по какому критерию) округлить среднее значение прямого или косвенного измерения?
- Запишите формулы, необходимые для вычисления погрешностей косвенного измерения (плотности) по технологии проведения опытов при одинаковых условиях.
- В каком виде следует записать доверительный интервал значений косвенного измерения?
- Что называют доверительным интервалом значений прямого или косвенного измерения? Что означает такая запись:  $\rho = 2,6 \pm 0,3 \text{ (г/см}^3\text{)}$  ?
- Какие ошибки допущены в следующей записи конечного результата измерения объёма:  $V = 2,317 \pm 0,1482 \text{ (см}^3\text{)}$  ?

#### Лабораторная работа № 6: Измерение скорости пули методом баллистического маятника

##### Цели работы:

1. Изучить физические основы метода баллистического маятника.
2. Вычислить скорость пули методом баллистического маятника.
3. Изучить правила пользования секундомером.
4. Изучить технологию обработки результатов измерений, выполненных при разных начальных условиях.

##### Приборы и принадлежности:

стационарная установка с баллистическим маятником, отсчетным устройством (линейка с планкой) и пневматической винтовкой; пуля для стрельбы из пневматической винтовки; электронные весы; секундомер.

##### Контрольные вопросы:

- Сформулируйте закон сохранения импульса механической системы.
- Сформулируйте закон сохранения механической энергии.
- Каковы условия для выполнения этих законов? Как обеспечено выполнение этих условий в данной лабораторной установке?
- Выведите расчётную формулу для скорости пули.
- В большую или меньшую сторону исказился бы результат вычисления скорости пули, если бы она не застряла в пластилине, отскочила?
- Одна из двух одинаковых пуль отклоняет баллистический маятник на угол в два раза больший, чем другая. Сравните скорости этих пуль.
- Опишите ход работы.

- В чём особенность техники безопасности в данной работе?
- Как и для чего проводится настройка экспериментальной установки перед выстрелом?
- Если оставлять пулю после выстрела внутри цилиндра, то можно ли считать условия проведения последующих опытов одинаковыми? Какая физическая величина (прямое измерение) изменится при проведении последующего опыта?
- Есть ли надёжность прямых измерений, если они проведены по одному разу для данной массы цилиндра маятника?
- Если производить выстрел по 1 разу и пулю после выстрела оставлять внутри цилиндра баллистического маятника, то: а) можно ли находить средние значения прямых измерений; б) можно ли (и как) найти среднее значение косвенного измерения (скорости пули)?
- Сформулируйте правила пользования электронными весами. Каковы их пределы измерений, цена деления шкалы, погрешность прибора?
- Сформулируйте правила пользования лабораторным секундомером. Каковы его пределы измерений на шкалах, цена деления каждой шкалы, погрешность прибора?
- Каковы пределы измерений, цена деления шкалы, погрешность линейки?
- В каком разряде должна быть последняя из значащих цифр при записи прямых измерений каждым из этих приборов?
- Запишите формулы для вычисления систематических погрешностей прямых измерений.
- Как вычислить случайную погрешность косвенного измерения (скорости пули)?
- Как для косвенного измерения вычислить: а) относительную систематическую погрешность, б) систематическую погрешность?
- Как для косвенного измерения в данной работе вычислить: а) абсолютную погрешность; б) относительную погрешность?
- Сформулируйте правила округления погрешностей.
- Какую погрешность косвенного измерения надо знать, чтобы округлить его среднее значение? Как определить разряды верных и сомнительной цифр в среднем значении косвенного измерения?
- Как записать доверительный интервал значений косвенного измерения?
- Какова надёжность найденного доверительного интервала? Можно ли утверждать, что с указанной вами вероятностью при новом выстреле скорость пули попадет в найденный доверительный интервал?

### Лабораторная работа № 8: Проверка закона Гука и измерение модуля Юнга

#### Цели работы:

1. Проверить выполнимость закона Гука для упругой деформации растяжения.
2. Измерить модуль Юнга материала заданного образца.
3. Изучить правила пользования индикатором часового типа.
4. Закрепить технологию обработки результатов измерений, выполненных при разных начальных условиях.
5. Приобрести навык графического представления экспериментальных данных и использования графика при обработке результатов.

#### Приборы и принадлежности:

проволока, гири, индикатор часового типа, микрометр, лист миллиметровой бумаги, прозрачная линейка.

#### Контрольные вопросы:

- Что называют: а) абсолютной деформацией, б) относительной деформацией?
- Сформулируйте закон Гука.
- Что такое нормальное напряжение? Какова его единица измерения?
- Что называют модулем Юнга? В каких единицах измеряют?
- Что называют пределом упругости?
- Опишите явление упругого гистерезиса.
- Выведите расчётную формулу для вычисления модуля Юнга.

- Опишите ход работы.
- В чём особенность техники безопасности в данной работе?
- Как подготовить лабораторную установку к измерениям.
- С каким «шагом» следует менять значение массы, необходимой для деформации проволоки в данной работе?
- Что следует сделать с гирями по окончании опытов?
- Сформулируйте правила пользования индикатором часового типа. Каковы пределы измерений его шкал, цены деления шкал, погрешность прибора?
- Сформулируйте правила пользования микрометром. Каковы пределы измерений его шкал, цены деления шкал, погрешность прибора?
- Выведите расчетную формулу для модуля Юнга.
- Какие величины в расчётной формуле для модуля Юнга являются «прямыми измерениями»?
- В каком разряде находится последняя значащая цифра каждого из прямых измерений?
- Какие из прямых измерений меняются от опыта к опыту? Можно ли считать условия опытов одинаковыми?
- Какие погрешности прямых измерений нет смысла вычислять при разных условиях опытов?
- Как вычислить систематические погрешности каждого из прямых измерений? Запишите формулы.
- Каков физический смысл модуля Юнга? Может ли меняться значение этого косвенного измерения от опыта к опыту? Можно ли и как найти среднее значение модуля Юнга?
- Как определить случайную, систематическую, абсолютную и относительную погрешности модуля Юнга? Запишите формулы.
- Сформулируйте правила округления погрешностей.
- Какую погрешность модуля Юнга влияет на округление его среднего значения? Как определить разряды верных и сомнительной цифр в среднем значении модуля Юнга?
- Запишите доверительный интервал значений модуля Юнга? Сравните табличное значение модуля Юнга с этим интервалом.
- Какие величины следует подписать на оси абсцисс и ординат?
- Что отмечают на осях: масштаб или значения физических величин?
- Какие масштабы существуют?
- Какой вид должно иметь рабочее поле графика: полоса, квадрат, прямоугольник?
- Что сделать, если график уложился на рабочем поле в виде: а) горизонтальной полосы; б) вертикальной полосы?
- Как следует проводить линии по отмеченным токам на координатной сетке?
- Опишите суть метода «натянутой нити» для построения графика.
- Как убедиться, что эксперимент подтверждает справедливость закона Гука?
- Как с помощью графика вычислить значение модуля Юнга?
- Как убедиться, что значение модуля Юнга, полученного с помощью графика, соответствует доверительному интервалу, вычисленному аналитически?

Лабораторная работа № 10: **Проверка основного закона вращательного движения (на маятнике Обербека)**

Цели работы:

1. Экспериментально определить момент силы и угловое ускорение маятника.
2. Проверить основной закон вращательного движения.
3. Приобрести навык измерения времени счётчиком-секундомером.
4. Закрепить навыки обработки результатов косвенного измерения в случае проведения опытов при различных начальных условиях.

Приборы и принадлежности:

крестообразный маятник, набор грузов, счётчик-секундомер, штангенциркуль, масштабная сантиметровая линейка.

#### Контрольные вопросы:

- Сформулировать основной закон динамики вращательного движения.
- Что такое момент силы относительно: а) точки; б) оси вращения? В каких единицах измеряется? Куда направлен момент силы относительно точки?
- Что такое угловое ускорение? Куда оно направлено? В каких единицах измеряется?
- Что такое момент инерции: а) м. т., б) тела? Что он характеризует? В каких единицах измеряется?
- Почему можно считать, что линейного ускорение груза равно тангенциальному ускорению точек шкива маятника Обербека?
- Вывести формулу  $M = m(g - a)r$ .
- Сформулируйте теорему Штейнера. Как она применяется в данной работе?
- Вывести формулы для ускорений  $a_1$  и  $a_2$ . Чьи это ускорения? Что необходимо соблюдать, чтобы в этой работе они были равны друг другу?
- Выведите расчётную формулу для момента инерции маятника Обербека.
- Какие величины в расчётной формуле являются прямыми измерениями?
- Сформулируйте правила пользования счетчиком-секундомером. Каковы пределы измерений его шкал, цены деления шкал, погрешность прибора?
- Сформулируйте правила пользования штангенциркулем. Каковы пределы измерений его шкал, цены деления шкал, погрешность прибора?
- В каком разряде находится последняя значащая цифра каждого прямого измерения?
- Какое из прямых измерений меняется от опыта к опыту?
- Можно ли усреднять любое из прямых измерений, если условия опытов разные? Какую погрешность для прямых измерений следует вычислять в таких условиях, а какие погрешности – невозможно?
- Какие величины в данной работе являются косвенными измерениями? Какие из них меняются от опыта к опыту?
- Как обеспечить неизменность момента инерции маятника Обербека в данной работе?
- Запишите формулы для вычисления погрешностей момента инерции маятника Обербека: случайной, систематической, абсолютной, относительной.
- Сформулируйте правила округления погрешностей.
- Как, зная абсолютную погрешность момента инерции, округлить его среднее значение?
- Запишите доверительный интервал значений момента инерции маятника Обербека?
- Как изменится момент инерции этого маятника, если цилиндры закрепить на другом расстоянии относительно шкива?
- Что служит подтверждением справедливости проверяемого закона вращательного движения?
- Постройте график зависимости углового ускорения от вращающего момента методом «натянутой нити» (дополнительно можно применить компьютерные программы).
- Как по графику определить момент инерции маятника Обербека?
- Как убедиться, что значение момента инерции, полученного с помощью графика, соответствует доверительному интервалу, вычисленному аналитически?
- Как изменятся  $M$ ,  $r$ ,  $a$ ,  $t$ ,  $I$  если нить намотать на шкив меньшего радиуса?

#### **Лабораторная работа № 12: Измерение моментов инерции твердых тел и помощью трифилярного подвеса и проверка теоремы Штейнера**

##### Цели работы:

1. Изучить крутильные колебания трифилярного подвеса.
2. Измерение момента инерции тела, помещенного на платформу трифилярного подвеса.
3. Экспериментально проверить справедливость теоремы Штейнера.

4. Закрепить навык применения графического метода.
5. Закрепить навыки обработки результатов косвенного измерения при проведении опытов в одинаковых условиях.

Приборы и принадлежности:

трифилярный подвес в сборе; грузик (твёрдое тело симметричной формы); аналитические весы, металлическая линейка; штангенциркуль; секундомер; длинная линейка или рулетка.

Контрольные вопросы:

- Что такое трифилярный подвес и какие движения он совершает?
- Какие динамические уравнения определяют движение трифилярного подвеса?
- Что называют осевым моментом силы (формула, рисунок).
- Что такое момент инерции тела? Что он характеризует?
- Как преобразуется энергия во время крутильных колебаний трифилярного подвеса?
- Как определить момент инерции однородных тел геометрически правильной формы?
- Сформулируйте теорему Штейнера. Как проверить теорему Штейнера (качественно и количественно)?
- Выведите расчетную формулу для вычисления момента инерции трифилярного подвеса.
- Какие величины следует непосредственно измерить, чтобы найти момент инерции тела методом крутильных колебаний трифилярного подвеса?
- Опишите ход работы.
- Сформулируйте правила пользования электронными весами. Каковы их пределы измерений, цена деления, погрешность прибора?
- Сформулируйте правила пользования штангенциркулем. Каковы пределы измерений его шкал, цены деления шкал, погрешность прибора?
- Сформулируйте правила пользования лабораторным секундомером. Каковы пределы измерений его шкал, цены деления шкал, погрешность прибора?
- Каковы пределы измерений рулетки, цена деления и её приборная погрешность?
- В каком разряде находится последняя значащая цифра каждого прямого измерения?
- Каким образом для пустой платформы трифилярного подвеса и для платформы с телом обеспечить в данной работе одинаковые условия проведения опытов?
- Сколько опытов необходимо провести для обеспечения минимальной надёжности прямых измерений (80 %)?
- Надо ли вычислять средние значения прямых измерений, если условия проведения опытов одинаковые?
- Надо ли вычислять значения косвенных измерений в каждом опыте, если условия проведения опытов одинаковые? Как вычислить среднее значение косвенного измерения в таких условиях?
- Напишите формулы для всех погрешностей прямых измерений.
- Какие погрешности следует вычислить для косвенных измерений момента инерции пустой платформы и момента инерции платформы с телом? Напишите формулы для таких погрешностей.
- Сформулируйте правила округления погрешностей.
- По какому критерию следует округлять средние значения прямых и косвенных измерений?

**Лабораторная работа № 13: Изучение законов колебаний математического маятника**

Цель работы:

1. Вычислить период колебаний математического маятника
2. Убедиться в гармоническом характере закона колебаний математического маятника.
3. Закрепить навыки обработки результатов косвенного измерения при проведении опытов в одинаковых условиях.

Приборы и принадлежности:

секундомер, метровая линейка, шарики на длинных нерастяжимых и длинных нитях.

Контрольные вопросы:

- Можно ли считать и почему колебания математического маятника гармоническими в данной работе?
- Введите закон гармонических колебаний математического маятника?
- Напишите формулу для периода математического маятника.
- Если два математических маятника с одинаковой длиной нити 2 м отклонили - первый на 5 см, а второй на 10 см, то у какого маятника период будет больше?
- Сравните периоды колебаний двух маятников с одинаковой длиной нити 2 м и разными массами грузов 20 г и 50 г, совершающих колебания под малым углом.
- Как изменится период колебаний математического маятника, если: а) подняться высоко в гору, не изменяя при этом его длины; б) перелететь на Луну?
- Выведите расчетную формулу для периода гармонических колебаний математического маятника. При каких условиях она выполняется?
- Какие величины в расчетной формуле являются прямыми измерениями?
- Опишите ход работы.
- Сформулируйте правила пользования лабораторным секундомером. Каковы пределы измерений его шкал, цены деления шкал, погрешность прибора?
- Каковы пределы измерений метровой линейки, цена деления и её приборная погрешность?
- В каком разряде должна быть последняя из значащих цифр при записи прямых измерений каждым из этих приборов?
- Каким образом для колебаний математического маятника обеспечить в данной работе одинаковые условия проведения опытов?
- Сколько опытов необходимо провести для надёжности прямых измерений 80 %, 90 % ?
- Надо ли вычислять период математического маятника в каждом опыте, если условия опытов одинаковые?
- Напишите формулы для всех погрешностей прямых измерений.
- Напишите формулы для погрешностей косвенного измерения (периода), которые необходимы в данной работе при проведении опытов в одинаковых условиях.
- Сформулируйте правила округления погрешностей.
- Как, зная абсолютные погрешности, округлить средние значения прямых и косвенного измерений?
- Запишите полученный доверительный интервал значений периода колебаний математического маятника.

#### Лабораторная работа № 14: **Определение коэффициента упругости пружины**

##### Цель работы:

1. Определить коэффициент упругости пружины статическим методом
2. Определить коэффициент упругости пружины динамическим методом.
3. Закрепить навыки обработки результатов косвенного измерения в случае проведения опытов при различных начальных условиях.

##### Приборы и принадлежности:

стальная пружина на кронштейне, набор грузов, секундомер, линейка.

##### Контрольные вопросы:

##### *Для статического метода*

- Какие силы действуют на неподвижный груз, подвешенный к вертикальной пружине?
- В чем суть статического метода определения коэффициента упругости?
- Сформулируйте закон Гука для деформации сжатия или растяжения пружины.
- Каков физический смысл коэффициента упругости (коэффициента жесткости)? В каких единицах он измеряется?
- Выведите расчётную формулу коэффициента упругости для этого случая.
- Какие величины в этой формуле являются прямыми измерениями?
- Опишите ход работы.

- Каковы пределы измерений линейки, цена деления и её приборная погрешность?
- В каком разряде должна быть последняя из значащих цифр при записи прямых измерений?
- Какое прямое измерение меняется от опыта к опыту?
- Можно ли вычислять средние значения прямых измерений, если опыты проводятся при разных начальных условиях?
- Вычислите систематические погрешности прямых измерений.
- Как вычислить среднее значение коэффициента упругости и его погрешности, если опыты проводятся при разных начальных условиях?
- Как изменится коэффициент упругости пружины, если: а) пружину сделать из меди, б) пружину из стали взять большей длины, в) пружину из стали взять большего сечения?

*Для динамического метода*

- В чем суть динамического метода определения коэффициента упругости?
- Какие колебания называют гармоническими?
- При каких условиях груз на пружине будет совершать гармонические колебания.
- По какой траектории движется груз, подвешенный на пружине?
- Какие силы на него действуют?
- Напишите второй закон Ньютона для груза на пружине и преобразуйте его в дифференциальное уравнение.
- Какой вид имеет решение (закон колебаний) этого дифференциального уравнения?
- Что называют: а) амплитудой, б) фазой, в) циклической частотой, г) частотой, д) периодом колебаний? В каких единицах измеряют все эти величины?
- От каких параметров зависит период гармонических колебаний пружинного маятника?
- Выведите расчётную формулу коэффициента упругости для этого случая.
- Какие величины в этой формуле являются прямыми измерениями?
- Опишите ход работы.
- Сформулируйте правила пользования лабораторным секундомером. Каковы пределы измерений его шкал, цены деления шкал, погрешность прибора?
- В каком разряде должна находиться последняя значащая цифра при записи времени?
- Какое прямое измерение меняется от опыта к опыту в динамическом методе?
- Вычислите систематические погрешности прямых измерений.
- Вычислите среднее значение коэффициента упругости и его погрешности.
- Сравните доверительные интервалы значений коэффициента упругости в обоих методах.
- Какой из методов является более точным?

**Лабораторная работа № 15: Изучение свободных колебаний пружинного маятника**

Цели работы:

1. Убедиться в затухающем характере свободных колебаний пружинного маятника.
2. Определить коэффициент затухания, логарифмический декремент затухания, коэффициент сопротивления среды, добротность и время релаксации пружинного маятника.
3. Закрепить навыки вычисления погрешностей прямых и косвенных измерений.

Приборы и принадлежности:

пружинный маятник, отсчётное устройство (линейка), сосуд с водой, секундомер.

Контрольные вопросы:

- Дайте определение свободных колебаний.
- Какие колебания называются собственными?
- Какие колебания называются гармоническими?
- Какие условия должны выполняться, чтобы в системе возникли гармонические колебания?
- Какие силы действуют на пружинный маятник, совершающий гармонические колебания?
- Напишите 2 закон Ньютона, преобразуйте его к дифференциальному уравнению и получите его решение (закон свободных гармонических колебаний).
- В каком случае в законе колебаний пишут функцию «cos», а в каком «sin»?



- Почему реальные свободные колебания всегда затухающие?
- Какая сила приводит к затуханию колебаний? От чего она зависит?
- Что называют коэффициентом затухания? В каких единицах он измеряется?
- Что происходит с энергией затухающих колебаний?
- Напишите 2 закон Ньютона для случая затухания колебаний, преобразуйте его к дифференциальному уравнению и получите его решение (закон свободных затухающих колебаний).
- Что происходит с амплитудой затухающих колебаний?
- Сравните для гармонических и затухающих колебаний: а) частоты, б) периоды?
- Что называют: а) коэффициентом затухания, б) декрементом затухания, в) логарифмическим декрементом затухания, г) временем релаксации, д) добротностью колебаний?
- Каковы единицы измерений этих величин?
- Опишите ход работы.
- В расчетных формулах для косвенных измерений определите, какие величины являются прямыми измерениями и в каком разряде должны быть их последние значащие цифры.
- Напишите формулы для вычисления погрешностей прямых и косвенных измерений, необходимые в данной работе.
- По какому критерию следует найти сомнительную цифру среднего значения косвенного измерения?

#### Лабораторная работа № 16: Исследование законов колебаний физического маятника

##### Цели работы:

1. Изучить законы колебаний физического маятника.
2. Определить период колебаний физического маятника.
3. Закрепить навыки обработки результатов косвенного измерения при проведении опытов в одинаковых условиях.

##### Приборы и принадлежности:

секундомер, метровая линейка, стержень с дисками, шарик на нити.

##### Контрольные вопросы:

- Дайте определение физического маятника.
- По какой траектории движется центр масс физического маятника.
- Что называют центром качаний физического маятника?
- Как направлен вектор углового перемещения, если маятник движется от положения равновесия?
- Как направлен при этом вектор момента силы тяжести?
- Запишите основной закон динамики вращательного движения и приведите его к дифференциальному уравнению (ДУ) колебаний физического маятника, считая их гармоническими.
- Запишите решение ДУ (закон колебаний) и назовите величины, входящие в этот закон колебаний.
- Приведите примеры колебаний в природе и технике, для которых можно применить модель физического маятника.
- От каких параметров и как зависит период колебаний физического маятника?
- Что называют приведённой длиной физического маятника?
- Чем похожи физический и математический маятники?
- Чему равен момент инерции физического маятника в виде: а) стержня, один конец которого закреплён; б) диска, прикреплённого в некоторой точке стержня.
- Какие величины в расчетной формуле для периода колебаний являются прямыми измерениями?
- Опишите ход работы.

- Как обеспечить для каждого из этих физических маятников одинаковые условия проведения опытов.
- В каком разряде находится последняя значащая цифра прямого измерения?
- Напишите формулы для погрешностей прямых измерений.
- Как округлить: а) погрешности измерений, б) среднее значение прямых измерений?
- Надо ли вычислять значения косвенных измерений в каждом опыте, если условия проведения опытов одинаковые? Как вычислить среднее значение косвенного измерения?
- Какие погрешности необходимо вычислить для косвенного измерения в случае проведения опытов в одинаковых условиях?
- Как определить разряд сомнительной цифры при округлении среднего значения косвенного измерения?
- Сравните доверительные интервалы значений периодов обоих маятников.

### Лабораторная работа № 11: **Определение моментов инерции твердых тел методом колебаний**

#### Цели работы:

1. Экспериментально определить момент инерции твердого тела правильной геометрической формы.
2. Изучить метод колебаний для определения момента инерции тела.
3. Закрепить навыки обработки результатов косвенного измерения при проведении опытов в одинаковых условиях.

#### Приборы и принадлежности:

маховик с грузом, штангенциркуль, металлическая линейка, секундомер.

#### Контрольные вопросы:

- Какое свойство тела выражает момент инерции?
- Что называют моментом инерции: а) материальной точки, б) системы материальных точек? В каких единицах он измеряется в СИ?
- Сформулируйте теорему Штейнера. Как она используется в данной работе?
- В чём заключается физический принцип определения момента инерции методом колебаний?
- Поясните с помощью чертежа смысл величин, входящих в выражение для расстояния  $a$ .
- Что такое центр масс? Где расположен центр масс маховика в данной работе?
- Выведите расчетную формулу для момента инерции маховика.
- Какие величины в расчетной формуле для момента инерции являются прямыми измерениями?
- Изменится ли момент инерции маховика, если маховик сделать из другого материала?
- Как изменятся величины в расчетной формуле, если цилиндрический груз прикрепить выше прежнего положения?
- Опишите ход работы.
- Сколько раз надо повторить опыт в одинаковых условиях, чтобы надёжность прямых измерений была 80 %, 90 % ?
- Сформулируйте правила пользования лабораторным секундомером. Каковы пределы измерений его шкал, цены деления шкал, погрешность прибора?
- Сформулируйте правила пользования штангенциркулем. Каковы пределы измерений его шкал, цены деления шкал, погрешность прибора?
- Каковы пределы измерений шкалы линейки, цена деления шкалы, погрешность прибора?
- В каком разряде должна находиться последняя значащая цифра при записи прямых измерений каждым из этих приборов?
- Как для прямых измерений вычислить: а) среднее значение, б) случайную погрешность, в) систематическую погрешность, г) абсолютную погрешность, д) относительную погрешность?

- Как при одинаковых условиях опытов следует вычислять среднее значение косвенного измерения?
- Какие погрешности косвенного измерения следует вычислять в таких условиях? Какое значение не должна превышать относительная погрешность?
- По каким правилам надо округлять значения погрешностей?
- По какому критерию определяют сомнительную цифру при округлении средних значений прямых и косвенных измерений?
- Определите доверительный интервал значений момента инерции маховика в данной работе.

### ***Молекулярная физика и термодинамика***

#### **Лабораторная работа № 1: Измерение эффективного диаметра и средней длины свободного пробега молекул газа**

##### Цели работы:

1. Вычислить значения эффективного диаметра и средней длины свободного пробега молекул воздуха.
2. Изучить метод вычисления этих величин, основанный на использовании явления вязкости среды.
3. Приобрести навыки работы с термометром, барометром и жидкостным манометром.
4. Закрепить навыки работы с электронными весами и секундомером.
5. Закрепить навыки обработки результата косвенного вычисления в случае проведения опытов при одинаковых условиях.

##### Приборы и принадлежности:

термометр, барометр, жидкостный манометр, электронные весы, секундомер, сосуд с капилляром, две стеклянные колбы.

##### Контрольные вопросы:

- Что такое эффективный диаметр молекулы? От чего зависит его значение?
- Чему равно справочные значения эффективного диаметра молекул азота и кислорода? Каково значение эффективного диаметра по порядку величины?
- Что такое средняя длина свободного пробега молекулы? От чего зависит ее значение?
- Оцените значение длины свободного пробега молекул азота и кислорода при нормальных условиях.
- Опишите устройство экспериментальной установки.
- Опишите метод, используемый в данной работе для вычисления значений длины свободного пробега и эффективного диаметра молекул.
- Выведите расчетные формулы для длины свободного пробега и эффективного диаметра молекул.
- Почему в этой работе струя воды превращается в капли?
- Какую роль играет вязкость воздуха в данной работе?
- Опишите явления вязкости газа. Что называют коэффициентом вязкости? Каков его физический смысл? В каких единицах он измеряется в СИ?
- Что произойдет с длиной свободного пробега молекул воздуха, если: а) его вязкость увеличится; б) повысится температура; в) понизится влажность воздуха?
- Перечислите величины прямых измерений в расчётной формуле: а) для длины свободного пробега; б) для эффективного диаметра молекул.
- Каким образом в данной работе обеспечить одинаковые условия проведения опытов?
- Опишите устройство термометра. Каковы его пределы измерений, цена деления шкалы, погрешность прибора?
- Опишите устройство барометра. Каковы его пределы измерений, цена деления шкалы, погрешность прибора?
- Опишите устройство жидкостного манометра. Каковы его пределы измерений, цена деления шкалы, погрешность прибора?

- Сформулируйте правила работы с электронными весами. Каковы их пределы измерений, цена деления шкалы, погрешность прибора?
- Сформулируйте правила работы с лабораторным секундомером. Каковы его пределы измерений на шкалах, цена деления каждой шкалы, погрешность прибора?
- Опишите ход работы.
- В чём особенность техники безопасности в данной работе?
- Какое количество опытов надо провести для обеспечения надёжности измерений: а) 80 %, б) 90 % ?
- Запишите формулы, необходимые для вычисления всех погрешностей прямых измерений, необходимых в технологии проведения опытов при одинаковых начальных условиях.
- Запишите формулы, необходимые для вычисления всех погрешностей косвенных измерений, необходимых в технологии проведения опытов при одинаковых начальных условиях.
- Сформулируйте правила округления погрешностей.
- По какому критерию следует округлить среднее значение прямых и косвенных измерений.
- В каком виде следует записать доверительный интервал значений косвенного измерения?

### Лабораторная работа № 3: Измерение адиабатической постоянной газа

#### Цели работы:

1. Получить представление об адиабатическом процессе.
2. Вычислить значение адиабатической постоянной воздуха.
3. Сформировать представление о теплоемкости газа с точки зрения классической теории теплоёмкости.
4. Изучить метод Клемана и Дезорма.
5. Закрепить навыки обработки результатов косвенного измерения при проведении опытов в различных начальных условиях.

#### Приборы и принадлежности:

жидкостный манометр, ручной насос, большой стеклянный сосуд с пробкой и влагопоглотителем, соединительные трубки с вентилями.

#### Контрольные вопросы:

- Сформулируйте первое начало термодинамики. Что характеризуют величины «количество теплоты» и «работа термодинамической системы»: состояние системы или совершаемый ею процесс?
- Можно ли говорить об "изменении" этих величин? Какие их обозначения допустимы?
- Что такое адиабатический процесс?
- Каковы особенности адиабатического процесса по сравнению с изопроцессами?
- Примените первое начало термодинамики к адиабатическому процессу.
- Выведите дифференциальное уравнение для адиабатического процесса и найдите его решение.
- Какие параметры состояния системы изменяют при адиабатическом процессе? Какими уравнения описывается взаимосвязь между изменяющимися параметрами?
- Вывести уравнения Пуассона в различных переменных.
- Что называют адиабатической постоянной? Какие теоретические значения принимает эта величина в случаях газа: а) одноатомных молекул; б) двухатомных молекул; в) трех- и многоатомных молекул?
- Из какого типа молекул состоит воздух (в процентном содержании) и какие значения адиабатической постоянной ожидаете получить в данной работе?
- Как изменилось бы значение адиабатической постоянной, если молекулы воздуха начнут диссоциировать?
- Что такое теплоемкость? Каков физический смысл этой величины? В каких единицах СИ измеряется молярная теплоемкость (удельная теплоемкость)?
- Что характеризует теплоемкость: состояние системы или совершаемый ею процесс?

- Найдите значения молярных изобарной и изохорной теплоемкостей идеального газа, состоящего из: а) одноатомных молекул; б) двухатомных молекул; в) трех- и многоатомных молекул?
- Зависит ли теплоемкость от температуры согласно классической теории и в реальной ситуации?
- Опишите метод Клемана и Дезорма, используя  $(p, V)$ -диаграмму.
- Выведите расчетную формулу, применяя  $(p, V)$ -диаграмму.
- Как технологически осуществить те процессы, которые должен совершать воздух в данной работе?
- Опишите ход работы.
- Почему нельзя добиться соблюдения одинаковых условий проведения опытов в данной работе?
- Перечислите величины прямых измерений в расчетной формуле.
- Опишите устройство жидкостного манометра. Каковы его пределы измерений, цена деления шкалы, погрешность прибора?
- Запишите формулы, необходимые для вычисления всех погрешностей прямых измерений, необходимых в технологии проведения опытов при разных начальных условиях.
- Запишите формулы, необходимые для вычисления всех погрешностей косвенного измерения, необходимых в технологии проведения опытов при разных начальных условиях.
- Сформулируйте правила округления погрешностей.
- По какому критерию следует округлить среднее значение прямых и косвенных измерений.
- В каком виде следует записать доверительный интервал значений косвенного измерения?

#### Лабораторная работа № 4: **Изучение явления теплового объёмного расширения жидкости**

##### Цели работы:

1. Выяснить механизм теплового объемного расширения воды и масла.
2. Экспериментально получить температурную зависимость коэффициента теплового объемного расширения воды и масла, построить графики этих зависимостей.
3. Найти числовые значения этих коэффициентов.
4. Закрепить навыки построения и использования графиков при обработке результатов.

##### Приборы и принадлежности:

две одинаковые установки с разными жидкостями (водой и техническим маслом), нагреватель (электроплитка), барометр, два листа миллиметровой бумаги, прозрачная линейка.

##### Контрольные вопросы:

- Опишите строение жидкости. С чем их сходство и различие по сравнению с газами и кристаллическими телами?
- Что такое энергия активации молекулы жидкости?
- Каков механизм теплового расширения жидкости?
- Что такое коэффициент теплового объемного расширения?
- В чем состоит физический смысл этой величины?
- Зависит ли значение коэффициента теплового объемного расширения от атмосферного давления?
- Объясните причину различия теплового расширения ассоциированных и простых жидкостей. Как различие между этими типами жидкостей влияет на величину коэффициент теплового объемного расширения?
- Приведите примеры проявления и использования теплового расширения жидкости в быту и производстве.
- Какие жидкости и почему являются: а) простыми, б) ассоциированными?
- Выпишите справочные значения коэффициента теплового объемного расширения спирта и воды в разных температурных интервалах.

- Меняется ли и почему коэффициент теплового объёмного расширения для не достаточно широкого интервала температур в случае: а) простой жидкости, б) ассоциированной жидкости?
- Можно ли вычислять единственное среднее значение коэффициента теплового объёмного расширения воды для всего температурного интервала в данной работе?
- Опишите ход работы.
- В чём особенность техники безопасности в данной работе?
- Почему в данной работе условия проведения опытов нельзя считать одинаковыми?
- Выведите расчетную формулу для коэффициента теплового объёмного расширения.
- Перечислите величины прямых измерений в расчетной формуле.
- Опишите устройство термометра. Каковы его пределы измерений, цена деления шкалы, погрешность прибора?
- Запишите формулы, необходимые для вычисления погрешностей прямых измерений, необходимых в технологии проведения опытов при разных начальных условиях.
- Запишите формулы, необходимые для вычисления всех погрешностей косвенного измерения, необходимых в технологии проведения опытов при разных начальных условиях.
- Сформулируйте правила округления погрешностей.
- По какому критерию следует округлить среднее значение прямых и косвенных измерений.
- В каком виде следует записать доверительный интервал значений косвенного измерения? Сколько доверительных интервалов следует определить для воды?
- Каковы правила построения графиков, выбора масштабов, подписей координатных осей?
- Как построить график линейной зависимости методом натянутой нити?
- Каков физический смысл углового коэффициента графиков для спирта и воды?
- Сколько средних значений углового коэффициента надо определить: а) для спирта, б) для воды?
- Как в случае метода натянутой нити можно вычислить случайную погрешность углового коэффициента по графику линейной зависимости?

### Лабораторная работа № 11: **Определение удельной теплоты кристаллизации металла**

#### Цели работы:

1. Изучить явления плавления и кристаллизации.
2. Ознакомиться с методом измерения температур с помощью термопары. 3. Вычислить значение удельной теплоты кристаллизации олова.
3. Изучить метод охлаждения с использованием термопары для вычисления скрытой теплоты фазового перехода первого рода.
4. Приобрести навыки работы с многопредельным вольтамперметром.
5. Закрепить навыки графического представления результатов измерений и использования графиков.

#### Приборы и принадлежности:

исследуемое вещество (олово) в сосуде, штатив с держателем, нагреватель (электроплитка), термопара, милливольт амперметр, соединительные провода, секундомер, график градуировки термопары, лист миллиметровой бумаги размером 20x25 см, прозрачная линейка.

#### Контрольные вопросы:

- Опишите строение жидкости. С чем их сходство и различие по сравнению с газами и кристаллическими телами?
- Что такое энергия активации молекулы жидкости?
- Каков механизм теплового расширения жидкости?
- Что такое коэффициент теплового объёмного расширения?
- В чем состоит физический смысл этой величины?
- Зависит ли значение коэффициента теплового объёмного расширения от атмосферного давления?

- Объясните причину различия теплового расширения ассоциированных и простых жидкостей. Как различие между этими типами жидкостей влияет на величину коэффициент теплового объемного расширения?
- Приведите примеры проявления и использования теплового расширения жидкости в быту и производстве.
- Какие жидкости и почему являются: а) простыми, б) ассоциированными?
- Выпишите справочные значения коэффициента теплового объемного расширения спирта и воды в разных температурных интервалах.
- Меняется ли и почему коэффициент теплового объемного расширения для не достаточно широкого интервала температур в случае: а) простой жидкости, б) ассоциированной жидкости?
- Можно ли вычислять единственное среднее значение коэффициента теплового объемного расширения воды для всего температурного интервала в данной работе?
- Опишите ход работы.
- В чём особенность техники безопасности в данной работе?
- Почему в данной работе условия проведения опытов нельзя считать одинаковыми?
- Выведите расчетную формулу для коэффициента теплового объемного расширения.
- Перечислите величины прямых измерений в расчетной формуле.
- Опишите устройство термометра. Каковы его пределы измерений, цена деления шкалы, погрешность прибора?
- Запишите формулы, необходимые для вычисления погрешностей прямых измерений, необходимых в технологии проведения опытов при разных начальных условиях.
- Запишите формулы, необходимые для вычисления всех погрешностей косвенного измерения, необходимых в технологии проведения опытов при разных начальных условиях.
- Сформулируйте правила округления погрешностей.
- По какому критерию следует округлить среднее значение прямых и косвенных измерений.
- В каком виде следует записать доверительный интервал значений косвенного измерения? Сколько доверительных интервалов следует определить для воды?
- Каковы правила построения графиков, выбора масштабов, подписей координатных осей?
- Как построить график линейной зависимости методом натянутой нити?
- Каков физический смысл углового коэффициента графиков для спирта и воды?
- Сколько средних значений углового коэффициента надо определить: а) для спирта, б) для воды?
- Как в случае метода натянутой нити можно вычислить случайную погрешность углового коэффициента по графику линейной зависимости?

### Лабораторная работа № 9: **Измерение скорости испарения жидкости и изменения её энтропии при этом процессе**

#### Цели работы:

1. Измерить скорость испарения этилового спирта и воды.
2. Вычислить изменение энтропии некоторой массы жидкости при переходе ее в пар.
3. Закрепить навыки обработки результата косвенного вычисления в случае проведения опытов при одинаковых условиях.

#### Приборы и принадлежности:

электронные весы, этиловый спирт, дистиллированная вода, невысокий цилиндрический сосуд, термометр, штангенциркуль, секундомер.

#### Контрольные вопросы:

- Как истолковать процесс испарения с точки зрения молекулярно-кинетической теории?
- Почему жидкости при испарении охлаждаются, а при кипении их температура не изменяется?
- В каком случае удельная теплота испарения (или конденсации) равна нулю?

- Какая величина характеризует интенсивность испарения?
- Как и почему меняется скорость испарения жидкости, если: а) увеличить площадь ее поверхности; в) уменьшить внешнее давление?
- Что называют энтропией?
- Объясните физический смысл энтропии.
- Перечислите величины прямых измерений в расчётной формуле: а) для скорости испарения жидкости; б) для изменения энтропии жидкости при испарении.
- Каким образом в данной работе обеспечить одинаковые условия проведения опытов?
- Сформулируйте правила работы с электронными весами. Каковы их пределы измерений, цена деления шкалы, погрешность прибора?
- Сформулируйте правила работы с лабораторным секундомером. Каковы его пределы измерений на шкалах, цена деления каждой шкалы, погрешность прибора?
- Опишите ход работы.
- В чём особенность техники безопасности в данной работе?
- Какое количество опытов надо провести для обеспечения надёжности измерений: а) 80 %, б) 90 % ?
- Почему в данной работе начальные условия проведения опытов можно считать одинаковыми?
- Запишите формулы, необходимые для вычисления всех погрешностей прямых измерений, необходимых в технологии проведения опытов при одинаковых начальных условиях.
- Запишите формулы, необходимые для вычисления всех погрешностей косвенных измерений (скорости испарения и изменения энтропии), необходимых в технологии проведения опытов при одинаковых условиях.
- Сформулируйте правила округления погрешностей.
- По какому критерию следует округлить среднее значение прямых и косвенных измерений.
- В каком виде следует записать доверительный интервал значений косвенного измерения?
- Какое значение не должна превышать относительная погрешность?
- Сравните значения скорости испарения спирта и воды, объяснить их различие с точки зрения строения и тепловых свойств жидкостей.
- Сравните значения изменения энтропии спирта и воды, объяснить их различие с точки зрения строения и тепловых свойств жидкостей.

#### Лабораторная работа № 10: Изучение явления теплового расширения твёрдых тел

##### Цели работы:

1. Изучить явление теплового расширения твёрдых тел.
2. Вычислить среднее значение коэффициента линейного расширения латуни.
3. Экспериментально проверить зависимость удлинения металлической трубки при нагревании от её первоначальной длины.
4. Закрепить навык графического представления экспериментальных данных и использования графика для вычисления и обработки результатов измерений.
5. Закрепить навык обработки результатов методом наименьших квадратов.

##### Приборы и принадлежности:

металлические трубки, резиновые шланги, подставка со шкалой, кювета, колба, электроплитка, индикатор часового типа, барометр, термометр, лист миллиметровой бумаги, прозрачная линейка.

##### Контрольные вопросы:

- Объясните механизм явления теплового расширения.
- Изобразите графики зависимостей от расстояния между частицами: силы притяжения; силы отталкивания; результирующей силы взаимодействия; энергии притяжения; энергии отталкивания; энергии взаимодействия. Что называется: потенциальной кривой, потенциальной ямой?



- Приведите примеры проявления и использования теплового расширения в быту и технике. Всегда ли при нагревании тел их размеры увеличиваются?
- Что называют коэффициентом линейного и объемного теплового расширения? Каков их физический смысл? В каких единицах измеряются их значения?
- Какова связь между линейного и объемного теплового расширения? Вывести формулу, выражающую эту связь.
- Каковы табличные значения коэффициента линейного расширения для стали и латуни?
- Выведите расчетную формулу.
- Перечислите величины прямых измерений в расчётной формуле.
- Опишите устройство термометра. Каковы его пределы измерений, цена деления шкалы, погрешность прибора?
- Опишите устройство барометра. Каковы его пределы измерений, цена деления шкалы, погрешность прибора?
- Сформулируйте правила работы с лабораторным индикатором часового типа. Каковы его пределы измерений на шкалах, цена деления каждой шкалы, погрешность прибора?
- Опишите ход работы.
- В чём особенность техники безопасности в данной работе?
- В каких условиях проводится опыт – одинаковых или разных? Если в разных, то какое из прямых измерений должно менять свои значения?
- Опишите методы натянутой нити и наименьших квадратов для вычисления углового коэффициента.
- Запишите формулы, необходимые для вычисления всех погрешностей прямых измерений, необходимых в технологии проведения опытов при разных начальных условиях.
- Запишите формулы, необходимые для вычисления всех погрешностей косвенного измерения, необходимых в технологии проведения опытов при разных начальных условиях.
- Сформулируйте правила округления погрешностей.
- Какому критерию соответствует разряд сомнительной цифры при округлении среднего значения прямых и косвенных измерений?
- В каком виде следует записать доверительный интервал значений косвенного измерения?

### Лабораторная работа № 13: **Определение влажности воздуха и точки росы**

#### Цели работы:

1. Измерить влажность воздуха.
2. Определить точку росы.
3. Приобрести навыки работы с гигрометром и психрометром.
4. Приобрести навыки использования психрометрической таблицы и таблицы давления (плотности) насыщенного пара.
5. Закрепить навыки обработки результатов при проведении эксперимента в одинаковых условиях.

#### Приборы и принадлежности:

психрометр Ассмана (аспирационный), психрометр Августа, волосной гигрометр, гигрометр конденсационный.

#### Контрольные вопросы:

- Что такое ненасыщенный и насыщенный пар?
- Как зависит давление насыщенного пара: а) от объема, б) от температуры? Объясните эти зависимости.
- Что называют: а) абсолютной влажностью, б) относительной влажностью?
- Изобразите в координатах (V, p) изотермы реального газа при разных температурах. Объясните их. Укажите на диаграмме области: однофазные состояния "пар" (газообразное состояние) и "жидкость", двухфазное состояние "пар – жидкость".

- Что такое критическое состояние, критические параметры? От чего зависят значения критических давления, объема, температуры?
- Опишите устройство: а) психрометра Ассмана (аспирационного), б) психрометра Августа.
- Сформулируйте правила работы с этими приборами.
- Где применяются психрометры и гигрометры?
- Опишите суть психрометрического метода измерения влажности воздуха.
- Опишите ход работы.
- В чём особенность техники безопасности в данной работе?
- Что такое постоянная психрометра и как ее найти?
- Каким образом в данной работе надо определить давление (плотность) насыщенного пара?
- Что такое "точка росы" и как ее определить в данной работе?
- Какие величины являются прямыми и косвенными измерениями в этой работе?
- Какие погрешности следует вычислять для прямых и косвенных измерений в данной работе.
- Сформулируйте правила округления погрешностей.
- Каким образом надо округлить средние значения прямых и косвенных измерений.
- Запишите доверительные интервалы влажности воздуха и точки росы в данной работе.

### Лабораторная работа № 8: **Измерение удельной теплоты парообразования при температуре кипения жидкости**

#### Цели работы:

1. Изучить явления парообразования (испарение и кипение) и конденсации.
2. Вычислить значение удельной теплоты парообразования воды при температуре ее кипения.
3. Изучить калориметрический метод измерения скрытой теплоты фазового перехода первого рода.
4. Закрепить навыки обработки результатов при проведении эксперимента в различных условиях.

#### Приборы и принадлежности:

колба с кипятильником, калориметр, небольшой сосуд, термометр, барометр, электронные весы.

#### Контрольные вопросы:

- Что называют скрытой теплотой фазового перехода?
- Почему скрытая теплота парообразования зависит от температуры? Каково табличное значение скрытой теплоты при температуре кипения воды?
- Чем отличается процесс поверхностного испарения жидкости от её кипения? Опишите механизм этих процессов.
- При каком условии начинается процесс кипения?
- Что такое тепловой баланс? Запишите уравнение теплового баланса и объясните входящие в него величины.
- Какие вещества отдают, а какие получают теплоту в данной работе?
- Опишите устройство измерениями, правила пользования термометром, барометром и техническими весами.
- Опишите устройство термометра. Каковы его пределы измерений, цена деления шкалы, погрешность прибора?
- Опишите устройство барометра. Каковы его пределы измерений, цена деления шкалы, погрешность прибора?
- Сформулируйте правила работы с электронными весами. Каковы их пределы измерений, цена деления шкалы, погрешность прибора?
- Выведите расчётную формулу для определения скрытой удельной теплоты парообразования.

- В чем состоит метод измерения удельной скрытой теплоты парообразования в данной лабораторной работе?
- Опишите ход работы.
- В чём особенность техники безопасности в данной работе?
- Какие величины в расчётных формулах для температуры кипения и скрытой удельной теплоты являются: а) прямыми измерениями; б) косвенными измерениями.
- Почему в данной работе нельзя считать условия проведения опытов одинаковыми?
- Запишите формулы, необходимые для вычисления всех погрешностей прямых измерений, необходимых в технологии проведения опытов при разных начальных условиях.
- Запишите формулы, необходимые для вычисления всех погрешностей косвенных измерений, необходимых в технологии проведения опытов при разных начальных условиях.
- Сформулируйте правила округления погрешностей.
- По какому критерию следует округлить среднее значение прямых и косвенных измерений.
- В каком виде следует записать доверительный интервал значений косвенных измерений: а) температуры кипения, б) удельной скрытой теплоты парообразования?

### Лабораторная работа № 6: **Измерение коэффициента вязкости жидкости**

#### Цели работы:

1. Изучить явление вязкости жидкости.
2. Вычислить значение коэффициента вязкости глицерина и спирта.
3. Изучить метод Стокса и метод с использованием капиллярного вискозиметра.
4. Закрепить навыки работы со штангенциркулем, микрометром и секундомером.
5. Закрепить навыки обработки результатов.

#### Приборы и принадлежности:

- по методу Стокса: стеклянный цилиндрический сосуд с глицерином, свинцовые и стальные шарики, микрометр, секундомер, штангенциркуль, миллиметровая линейка;
- по методу с использованием вискозиметра: капиллярный вискозиметр, секундомер, флакон с водой, флакон со спиртом, флакон с водой для промывания вискозиметра, мензурка, воронка, насос («груша»), трубка.

#### Контрольные вопросы:

##### *По методу Стокса:*

- Опишите явление вязкости жидкости.
- Что называют коэффициентом вязкости? В каких единицах измеряется его значение? Каков порядок величины коэффициента вязкости жидкостей? Сравните его с порядком коэффициента вязкости газов.
- Чему равен коэффициент вязкости при комнатных условиях: а) для чистого глицерина; б) для дистиллированной воды?
- Какова зависимость коэффициента вязкости от температуры в случае: а) жидкостей, б) газов? Объясните эти зависимости.
- Какие силы действуют на шарик при его движении в глицерине? Запишите уравнение движения шарика в векторной форме в проекциях на ось, вдоль которой происходит движение.
- Каков характер движения шарика: а) от поверхности глицерина до верхней метки на сосуде, б) от верхней метки до нижней метки, в) от нижней метки до дна сосуда?
- Как вычислить коэффициент вязкости по методу Стокса (вывести расчетную формулу)?
- Изменится ли значение коэффициента вязкости глицерина, если вместо стального шарика использовать свинцовый?
- Какие величины в расчётной формуле для вязкости глицерина являются прямыми измерениями?
- Каким образом в данной работе можно обеспечить соблюдение одинаковых условий проведения опытов?

- Сформулируйте правила работы с лабораторным секундомером. Каковы его пределы измерений на шкалах, цена деления каждой шкалы, погрешность прибора?
- Сформулируйте правила работы с микрометром. Каковы его пределы измерений на шкалах, цена деления каждой шкалы, погрешность прибора?
- Опишите ход работы.
- Какое количество опытов надо провести для обеспечения надёжности измерений: а) 80 %, б) 90 % ?
- Как обеспечить проведения опытов, чтобы начальные условия были одинаковыми?
- Запишите формулы, необходимые для вычисления всех погрешностей прямых измерений, необходимых в технологии проведения опытов при одинаковых условиях.
- Запишите формулы, необходимые для вычисления всех погрешностей косвенных измерений (скорости испарения и изменения энтропии), необходимых в технологии проведения опытов при одинаковых условиях.
- Сформулируйте правила округления погрешностей.
- По какому критерию следует округлить среднее значение прямых и косвенных измерений.
- В каком виде следует записать доверительный интервал значений косвенного измерения?

*По методу с использованием вискозимера:*

- Опишите устройство вискозиметра.
- Кто изобрёл вискозиметр?
- От каких величин зависит объем жидкости, протекающей через капиллярную трубку (участок вискозиметра)?
- Каким образом вычисляется значение коэффициента вязкости жидкости с помощью капиллярного вискозиметра?
- Какая из жидкостей и почему более вязкая: вода или спирт?
- Каковы справочные значения коэффициентов вязкости этих жидкостей при нормальных условиях (или близких к ним)?
- Опишите ход работы.
- В чём особенность техники безопасности в данной работе?
- Сколько величин типа «прямое измерение» находится в расчётной формуле?
- Какой из методов - метод Стокса или метод капиллярного вискозиметра - даст меньшую ошибку вычисления коэффициента вязкости в процентном выражении?
- Запишите формулы для вычисления необходимых погрешностей прямых и косвенных измерений.

### Лабораторная работа № 7: **Исследование температурной зависимости коэффициента вязкости жидкости**

#### Цели работы:

1. Методом капиллярного вискозиметра экспериментально получить зависимость коэффициента вязкости глицерина от температуры.
2. Вычислить энергию активации молекул глицерина.
3. Закрепить навыки обработки результатов при проведении опытов в разных условиях.

#### Приборы и принадлежности:

вискозиметр с глицерином в термостате, нагреватель, секундомер, два листа миллиметровой бумаги, прозрачная линейка.

#### Контрольные вопросы:

- Опишите строение жидкостей.
- Что понимают под «ближним порядком»?
- Какова физическая суть явления вязкости в жидкостях?
- Какой физический смысл имеет коэффициент вязкости?
- В каких единицах измеряется значение коэффициента вязкости?

- Чему равен коэффициент вязкости при комнатных условиях: а) для чистого глицерина; б) для дистиллированной воды?
- Как объяснить зависимость коэффициента вязкости жидкостей от температуры?
- В чем различие температурных зависимостей коэффициентов вязкости жидкостей и газов?
- Что называют энергией активации молекул жидкости?
- Опишите устройство термометра.
- Сформулируйте правила работы с лабораторным секундомером. Каковы его пределы измерений на шкалах, цена деления каждой шкалы, погрешность прибора?
- Опишите устройство и принцип измерений с помощью вискозиметра.
- Опишите ход работы.
- В чём особенность техники безопасности в данной работе?
- Выведите расчетную формулу для определения энергии активации молекулы.
- В чем состоит метод: а) натянутой нити; б) наименьших квадратов?
- Каковы правила построения графиков, выбора масштабов, подписей координатных осей?
- Каков физический смысл углового коэффициента графика зависимости коэффициента вязкости глицерина от температуры?
- Как в случае метода натянутой нити можно вычислить случайную погрешность углового коэффициента по графику линейной зависимости?
- Какие величины в расчётной формуле для энергии активации являются «прямыми измерениями»?
- Запишите формулы, необходимые для вычисления всех погрешностей прямых измерений, необходимых в технологии проведения опытов при разных начальных условиях.
- Запишите формулы, необходимые для вычисления всех погрешностей косвенных измерений в технологии проведения опытов при разных начальных условиях.
- Сформулируйте правила округления погрешностей.
- По какому критерию следует округлить среднее значение прямых и косвенных измерений.
- В каком виде следует записать доверительный интервал значений энергии активации?

#### Лабораторная работа № 12: Изучение явления теплопроводности твёрдых тел

##### Цели работы:

1. Сформировать представление о теплопроводности.
2. Сформировать представление о температурном поле.
3. Изучить закон Фурье.
4. Изучить калориметрический метод определения коэффициента теплопроводности вещества.
5. Вычислить коэффициент теплопроводности сплава (латуни).
6. Закрепить навыки пользования барометром, термометром, секундомером.
7. Закрепить навыки обработки результатов измерений при проведении опытов в одних и тех же условиях.

##### Приборы и принадлежности:

калориметрический стакан со сплавом, стаканчики со льдом, уплотнитель для льда, штатив, электроплитка, колба с трубкой, широкий сосуд для талой воды, барометр, термометр, секундомер, электронные весы, стаканчик.

##### Контрольные вопросы:

- Что такое теплопроводность? Опишите механизмы теплопроводности твердых тел.
- Что такое температурное поле; изотермические поверхности; градиент температуры? В каких единицах измеряется градиент температуры в СИ?
- Каково табличное значение коэффициента теплопроводности латуни? Почему оно задано в виде интервала значений?
- Какие виды температурных полей различают? Какое температурное поле требуется создать в латунном цилиндре в данной работе?
- Имеется стержень длиной 6 м с градиентом температуры 600 К/м. Найти разность температур: между серединой стержня и его концом; между концами стержня.

- Что называют: а) тепловым потоком; б) плотностью теплового потока? В каких единицах (в СИ) они измеряются?
- Каков физический смысл плотности теплового потока?
- Что называют градиентом температуры?
- Как направлены векторы плотности теплового потока и градиента температуры?
- Сформулируйте закон Фурье; напишите уравнение Фурье. Что означает знак "-" в уравнении Фурье?
- Дайте определение коэффициента теплопроводности и объясните его физический смысл.
- Сравните роль решеточной теплопроводности и электронной теплопроводности в общей теплопроводности металлов.
- Опишите суть калориметрического метода измерения теплопроводности латуни в данной работе.
- Каким образом обеспечивается стационарность и одномерность температурного поля?
- Выведите расчётную формулу для вычисления экспериментального значения коэффициента теплопроводности.
- Опишите ход работы.
- В чём особенность техники безопасности в данной работе?
- Почему в данной работе несмотря на стационарность температурного поля в латунном цилиндре условия проведения опытов всё-таки нельзя считать одинаковыми?
- Какие величины в расчётной формуле являются «прямыми измерениями»? Какое их прямых измерений может менять (и почему) своё значение от опыта к опыту?
- Запишите формулы, необходимые для вычисления всех погрешностей прямых измерений, необходимых в технологии проведения опытов в разных условиях.
- Запишите формулы, необходимые для вычисления всех погрешностей косвенного измерения по технологии проведения опытов в разных условиях.
- Сформулируйте правила округления погрешностей.
- По какому критерию следует округлить среднее значение прямых и косвенных измерений.
- В каком виде следует записать доверительный интервал значений косвенного измерения?

4 семестр

### *Электромагнетизм*

#### Лабораторная работа № 1: Экспериментальное изучение обобщенного закона Ома

##### Цели работы:

1. Изучить зависимость между током и разностью потенциалов на участке цепи.
2. Определить электродвижущей силы источника тока и сопротивления участка цепи..
3. Приобрести навыки работы с многопредельными вольтметром и амперметром.
4. Закрепить навыки применения графического метода при обработке результатов.

##### Приборы и принадлежности:

аккумулятор, вольтметр, миллиамперметр, резисторы, ключ, переключатель, регулируемый источник тока, соединительные провода.

##### Контрольные вопросы:

- Сформулируйте обобщенный закон Ома для участка цепи, для замкнутой неразветвленной цепи. Каковы правила знаков при записи уравнений, выражающих эти законы?
- При каких условиях в цепи будет существовать постоянный электрический ток? Какова роль источника тока в цепи?
- Какие силы называются сторонними? Приведите примеры сторонних сил.
- В чем существенное различие понятий: разность потенциалов, ЭДС источника и напряжение (или падение напряжения) на участке цепи?
- Объясните физический смысл точек пересечения графика зависимости с осями координат.
- Почему графики для одного сопротивления, но разных полярностей подключения источника ЭДС оказываются параллельными друг другу?

- В чем состоит метод наименьших квадратов для проведения наилучшей прямой по экспериментальным точкам

Лабораторная работа № 2: **Исследование зависимости полной мощности, полезной мощности и к.п.д. источника от нагрузки**

Цели работы:

1. Изучение зависимости полной мощности, полезной мощности и коэффициента полезного действия (КПД) источника от тока (сопротивления) нагрузки.
2. Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника.
3. Приобрести навыки работы с многопредельными вольтметром и амперметром.
4. Закрепить навыки применения графического метода при обработке результатов.

Приборы и принадлежности:

исследуемый источник, вольтметр, амперметр, магазин сопротивлений, ключ, соединительные провода.

Контрольные вопросы:

- Какую роль в электрической цепи играет источник тока?
- Что такое ЭДС и внутреннее сопротивление источника?
- Какой наибольший ток может дать источник?
- Что называется полной мощностью, полезной мощностью, мощностью потерь и КПД источника?
- Как зависит полная мощность, полезная мощность и КПД источника от тока нагрузки?
- Как обеспечить наибольшую полезную мощность источника? Каков при этом КПД источника?
- Когда КПД источника достигает максимального значения?
- Где на практике применяются режим согласованной нагрузки и режим с наибольшим возможным КПД?
- Как зависит полезная мощность, полная мощность, КПД источника и напряжение на его зажимах от сопротивления нагрузки? Постройте графики для этих зависимостей.

Лабораторная работа № 18: **Определение горизонтальной составляющей магнитного поля Земли**

Цели работы:

1. Экспериментально определить горизонтальную составляющую индукции магнитного поля Земли.
2. Познакомиться с методом определения вектора индукции магнитного поля Земли с использованием тангенс-гальванометра.
3. Приобрести навыки работы с тангенс-гальванометром.
4. Закрепить навыки обработки результатов, полученных в разных условиях.

Приборы и принадлежности:

тангенс-гальванометр, амперметр, реостат, двойной переключатель, соединительные провода.

Контрольные вопросы:

- При каких условиях в пространстве существует магнитное поле? Как его можно обнаружить?
- Что называется индукцией магнитного поля ? Напряженностью магнитного поля ? В каких единицах они измеряются?
- Как проводятся линий индукции магнитного поля? Нарисуйте линии индукции прямолинейного тока, кругового тока, соленоида.
- В чем суть метода определения горизонтальной составляющей магнитного поля Земли?
- Сравните полученные в эксперименте значения  $B$  и  $H$  с встречающимися в природе и в технике.
- При каких условиях магнитное поле Земли может изменяться? Влияет ли магнитное поле Земли и его изменения на растения, животных, человека?

## **Оптика**

### **Лабораторная работа № 1: Определение радиуса кривизны линзы с помощью колец Ньютона**

#### Цели работы:

1. Наблюдение интерференционных полос равной толщины в виде колец Ньютона.
2. Определение радиуса кривизны стеклянной линзы.
3. Приобретение навыков работы с микроскопом.
4. Закрепить навыки обработки результатов измерений при разных условиях опыта.

#### Приборы и принадлежности:

микроскоп, источник света, светофильтр, объективный микрометр, плосковыпуклая линза и плоскопараллельная пластинка.

#### Контрольные вопросы:

- Что такое интерференция?
- Что называют интерференционной картиной?
- Какие существуют методы получения интерференционных картин?
- Какие существуют схемы (помимо применения лазера) получения интерференционной картины?
- Изобразите ход лучей в схеме «кольца Ньютона». Какие лучи когерентны и почему?
- Для чего в этой схеме нужна плоско-выпуклая линза с большим радиусом кривизны?
- Вывести формулы для радиусов тёмных и светлых колец в отраженном и проходящем свете.
- Предложите обоснование и вывод расчетной формулы для радиуса кривизны линзы.
- Предложите для определения радиуса кривизны линзы графический метод.
- Как меняется расстояние между кольцами с удалением от их центра?
- Что должно произойти с кольцами Ньютона, если между пластинкой и линзой налить воду?

### **Лабораторная работа № 6: Определение длины световой волны при помощи дифракционной решетки**

#### Цели работы:

1. Наблюдение дифракции "белого" света на периодической структуре (дифракционной решетке).
2. Определение постоянной дифракционной решетки и её спектральных характеристик.
3. Определение длины волны одной из составляющей "белого" света.
4. Закрепление навыков обработки результатов измерений.

#### Приборы и принадлежности:

оптическая скамья, источник света, экран со шкалой и щелью, дифракционные решётки, линейка.

#### Контрольные вопросы:

- Какого типа дифракции наблюдается в данной работе?
- Выведите условие наблюдения главных максимумов.
- При какой длине видимого света волны полосы дифракционной картины и расстояния между ними наиболее широкие? Почему?
- Почему в центре дифракционной картины наблюдается белая полоса?
- Почему полосы более высокого порядка становятся менее яркими?
- Какой вид приобретет дифракционная картина в монохроматическом свете?
- Чем отличается дифракционный спектр от спектра призмы?
- Какие существуют характеристики дифракционной решётки?
- Сравните спектральные характеристики имеющихся дифракционных решёток.
- Как можно изменить характеристики решетки?

### **Лабораторная работа № 9: Определение фокусных расстояний тонких линз**



### Цель работы:

1. Изучить методы измерения фокусных расстояний тонких линз.
2. Вычислить фокусные расстояния собирающей и рассеивающей линзы.
3. Закрепить навыки обработки результатов эксперимента.

### Приборы и принадлежности:

оптическая скамья, осветитель, предмет, набор линз, экран, линейка.

### Контрольные вопросы:

- Что такое линза?
- Какую линзу называют тонкой?
- Какие бывают типы линз в зависимости от их конструкции?
- Что такое собирающая и рассеивающая линза? Каковы их условные обозначения?
- Каковы основные характеристики линз?
- Проанализируйте формулу тонкой линзы.
- Как найти увеличение изображения, полученного с помощью линзы?
- Как меняется положение и вид изображения предмета при перемещении его из бесконечности к собирающей линзе?
- Что такое оптическая сила линзы и от чего она зависит?
- Чём суть методов вычисления фокусных расстояний линз в данной работе?

## Лабораторная работа № 10: **Изучение оптических приборов**

### Цели работы:

1. Моделирование микроскопа и зрительной трубы Кеплера.
2. Определение увеличений моделей микроскопа и зрительной трубы.

### Приборы и принадлежности:

микроскоп МБР-1, зрительная труба, набор линз, набор объективов и окуляров, объективный микрометр, призма, оптическая скамья, линейка.

### Контрольные вопросы:

- Для чего нужен микроскоп? Опишите устройство микроскопа.
- Что такое объектив? Какие бывают типы объективов?
- Какое преимущество у зеркальных объективов?
- Какое изображение даёт объектив?
- Для чего нужен окуляр? Какое изображение он даёт?
- Изобразите ход лучей в микроскопе.
- Чему равно угловое увеличение микроскопа? Выведите формулу.
- Опишите устройство зрительной трубы Кеплера.
- Какое изображение даёт труба Кеплера?
- В чём отличие трубы Кеплера от трубы Галилея?
- Что представляет собой телескопический ход лучей?
- При каком условии достигается телескопический ход лучей в трубе Кеплера (чему равна оптическая длина  $L$  трубы телескопа)?
- Как найти угловое увеличение телескопа (зрительной трубы), зная фокусные расстояния объектива и окуляра?
- Какой знак имеет угловое увеличение трубы Кеплера, трубы Галилея?
- Каковы оптические свойства человеческого глаза?
- Как исправить недостатки зрения?

## Самостоятельная работа

Самостоятельная работа состоит из:

- 1) подготовки письменных ответов (рефераты) на некоторые теоретические вопросы по лекционным занятиям (3 семестр),
- 2) подготовке ответов на контрольные вопросы и решению задач для самостоятельной работы к практическим занятиям,
- 3) подготовке к выполнению и защите лабораторных работ (при этом в работах с построением графиков допускается дополнительно к методу «натянутой нити» применять метод наименьших квадратов для вычислений угловых коэффициентов и компьютерные программы).

### *Темы рефератов*

1. Виды сил в природе (сила тяготения, сила тяжести, вес, сила упругости, силы трения) (2 ч).
2. Поле силы (поле как вид материи, напряженность поля силы тяжести, однородное и неоднородное поле, центральное поле) (2 ч).
3. Движение тела переменной массы (реактивная сила, уравнение Мещерского, формула Циолковского, космические скорости) (2 ч).
4. Гироскоп (2 ч).
5. Абсолютно упругий и абсолютно неупругий удары (1 ч)
6. Преобразования Галилея, инвариантность 2-го закона Ньютона (1 ч).
7. Маятники (математический, пружинный, физический, трифилярный, конический, циклоидальный) (1 ч).
8. Сложение гармонических колебаний (1 ч).
9. Стоячие волны, узлы и пучности, распределение механической энергии (1 ч).
10. Элементы акустики (источники и приёмники звука, сила звука, акустическое давление, акустический резонанс, ультразвук) (1 ч).
11. Движение тела в вязкой среде, формула Стокса (1 ч).
12. Аморфные вещества, полимеры, жидкие кристаллы (1 ч).

## **6. Критерии оценивания результатов освоения дисциплины (модуля)**

### **6.1. Оценочные средства и критерии оценивания для текущей аттестации**

Текущая аттестация проводится в форме:

- 1) ответы на вопросы практических занятий и решение задач на доске (в учебной аудитории);
- 2) контрольной работы, выполняемой по вариантам (4-6 варианта); в каждом варианте по 4 задачи на разные темы изучаемого раздела физики в данном семестре, по выбору преподавателя может проводиться письменно аудиторно или письменно заочно;
- 3) защиты лабораторных работ; при этом в случае дистанционного режима обучения – выполнения лабораторной работы на оборудовании не требуется;
- 4) выполнения тематического реферата (письменно, 3 семестр);
- 5) в случае режима дистанционного обучения – выполнения заданий преподавателя по темам лекционных и практических занятий (задания и ответы размещаются на платформе MOODL).

### *Примеры*

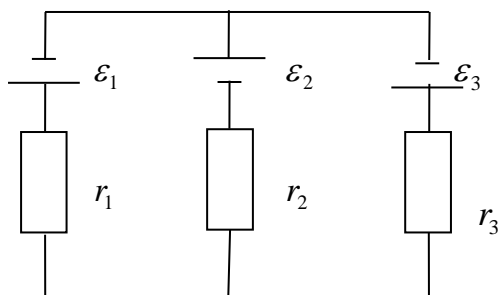
#### Вопросы и задачи на практическом занятии

Представлены в п. 5 (раздел «Практические занятия»)

#### Контрольная работа

4 семестр  
Вариант 1

1. Точечные заряды  $4 \text{ мкКл}$  и  $-6 \text{ мкКл}$  расположены на расстоянии  $10 \text{ см}$  друг от друга. Найдите координаты точки, в которой потенциал создаваемого этими зарядами электрического поля равен  $0$ . Рассчитайте напряженность электрического поля в этой точке.
2. Три источника тока ( $\varepsilon_1 = 2,0 \text{ В}$ ,  $\varepsilon_2 = \varepsilon_3 = 1,0 \text{ В}$ ) соединены как показано на рисунке. Внутренние сопротивления источников  $r_1 = r_2 = r_3 = 0,40 \text{ Ом}$ . Определите токи в ветвях цепи.



3. В магнитном поле с индукцией  $0,5 \text{ Тл}$  находится квадратная рамка со стороной  $10 \text{ см}$  и сопротивлением  $0,05 \text{ Ом}$ , расположенная перпендикулярно линиям индукции магнитного поля. Какой заряд протекает через поперечное сечение рамки при повороте ее на  $60^\circ$ ?
4. В опыте Юнга одна из щелей закрывается тонкой стеклянной пластинкой, в результате чего интерференционная картина смещается на пять полос. Какова толщина пластинки, если длина волны излучения  $632,8 \text{ нм}$ ? Показатель преломления стекла  $1,52$ .
5. На какую длину волны  $\lambda_m$  приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости  $(M_{\lambda, T})_{\text{max}}$  черного тела при температуре  $t=0^\circ \text{ C}$ .
6. Сколько  $\beta$ -частиц испускает в течение одного часа  $1,0 \text{ мкг}$  изотопа  $\text{Na}^{24}$ , период полураспада которого равен  $15 \text{ ч}$ ?

#### Лабораторных работ

Приведены выше (п. 5, раздел «Лабораторные работы»)

#### Тематических рефератов

Приведены выше (п. 5, раздел «Самостоятельная работа»)

#### Заданий (в случае дистанционного обучения)

Б1.В.06 Физика

44.03.05 ПО (МИ)

Группа \_\_\_\_\_ ФИО \_\_\_\_\_

#### **Задание 1**

(содержание задания)

Срок выполнения: \_\_\_\_\_

Литература:

[1] Айзензон, А. Е. Физика : учебник и практикум для вузов / А. Е. Айзензон. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. <https://urait.ru/bcode/450504>

...

Занятие № 1

Тема: ...

Вопросы	Ответы	Ссылка [... ], с....
...	...	...

### Задачи

1. Прямолинейное движение точки задано уравнением:  $X = -2 + 3t - 0,5t^2$ . Написать уравнение зависимости скорости точки от времени. Построить график этой зависимости; найти координату и скорость точки через 2 с и 8 с после начала движения.

Выполнение:

...

2. ...

Выполнение:

...

### **Требования к выполнению**

#### Ответы на вопросы и решению задач на доске (в аудитории)

Ответ на вопрос должен быть кратким, но точным и исчерпывающим, при необходимости сопровождаем рисунком и/или формулой.

Решение задачи на доске:

- сначала записать кратко, что дано («Дано»...); при этом единицы измерения перевести в СИ, числовые значения записать в стандартной форме записи числа;
- затем кратко оформить вопрос задачи («Найти» ...), а если требуется найти несколько физвеличин, то на отдельной строке кратко записать соответствующий вопрос, при этом, если требуется найти векторную величину, то обозначить её соответственно;
- далее оформить решение («Решение»...):
  - \* указать, о каком явлении (или законе) идет речь,
  - \* сделать характерный рисунок (электрическую схему, график), соответствующий содержанию условия задачи, на котором все векторные величины должны быть указаны и подписаны, а в случае графической задачи график выполнить в соответствующем масштабе;
  - \* составить систему уравнений, выражающих физические законы и связи между величинами для этой задачи,
  - \* выполнить преобразование уравнений до получения расчётной формулы (т. е. получить решение в общем виде),
  - \* проверить единицы измерения искомой величины в расчётной формуле,
  - \* подставить числовые значения из базы данных задачи, а также с использованием необходимых справочных данных и вычислить значение искомой величины,
  - \* проанализировать полученный результат с точки зрения его достоверности (из практических и бытовых наблюдений) и записать ответ («Ответ»).

#### Контрольная работа

В верхней строке должно быть указано: ФИО, группа, дата

Во второй строке: Контрольная работа по физике Семестр...

В третьей строке: Вариант ...

Оформлять решение задач желательно в той же последовательности, как они перечислены в варианте задания.

Сначала записать текст задач.

Затем оформить «Дано», «Найти», «Решение» аналогично тем требованиям, которые описаны выше (на занятии, для аудиторной работы).

#### Проведение и защита лабораторных работ

До выполнения лабораторной работы, заранее подготовить шаблон отчета (на двойном листе в клетку обычной школьной тетради).

Первая строка: ФИО \_\_\_\_\_, группа \_\_\_\_\_, дата \_\_\_\_\_

Вторая строка: № \_\_\_\_\_ и название лабораторной работы \_\_\_\_\_

*Цели работы:* 1) ... (записать в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе)....., 2).....

*Приборы и принадлежности:* ...(записать в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе и фактическим наличием на рабочем столе лабораторного практикума)...., .....

*Таблица характеристик приборов:*

Название прибора	Класс точности, к	Пределы измерений по шкале		Цена деления шкалы, С	Поперечность прибора, $\delta_{пр}$
		$X_{min}$	$X_{max}$		

*Схема опыта:* ...(рисунок в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе и фактическим наличием на рабочем столе лабораторного практикума)...

*Основные формулы:*

- ... (закон физики, с комментариями)
- ... (определение физической величины)
- ... (уравнение связи и т. п.)
- ... (расчетная формула для косвенного измерения)
- ... (формулы для вычисления погрешностей прямых и косвенных измерений).....

*Результаты измерений и их обработки:*

№	$X_1$ , ед. изм. (прямое измерение)	$X_2$ , ед. изм. (прямое измерение)	$X_3$ , ед. изм. (прямое измерение)	$Y$ , ед. изм. (косвенное измерение)
1				
2				
...				
$\bar{X}_{cp}$ (сред. знач.)				
$\sigma$ (случ. погреш.)				
$\delta$ (систем. погреш.)				
$\Delta$ (абсол. погреш.)				
$\varepsilon$ (относит. погреш.)				

.... (вычисления по формулам, алгоритм: формула - подстановка числовых значений – результат – округление результата, единица измерения).....

*Результаты и выводы:*

$$Y = Y_{cp} \pm \Delta Y, \quad \varepsilon_Y = \dots\%$$

..... (текст выводов)...

*Ответы на контрольные вопросы:*

Вопросы	Ответы
... (вопрос из списка к лабораторной работе, см. п. 5, раздел «Лабораторные работы»)	.....
...	.....

На занятии:

- пройти инструктаж по технике безопасности (при первичном посещении лаборатории) и расписаться в соответствующем журнале;
- изучить имеющиеся приборы, выяснить их устройство, принцип измерений, записать необходимые данные о приборах в отчет;
- изучить необходимые плакаты, стенды в лаборатории и записать необходимые данные в отчет;
- для допуска к выполнению работы о ответить на вопросы преподавателя по приборам и технологии проведения лабораторного эксперимента, физическим основам опытов;
- во время измерений студенты могут консультироваться с преподавателем и лаборантом по технике проведения опытов;
- по окончании прямых измерений предъявить их преподавателю для контроля.

Самостоятельно (в домашних условиях) провести все необходимые расчёты для защиты работы, письменно ответить на контрольные вопросы (см. п. 5, раздел «Лабораторные работы», а также методические указания к работе). Вычисления можно делать на личном компьютере или на компьютере в лабораторной аудитории, применяя стандартные программы.

При необходимости построения графика необходимо иметь лист миллиметровой бумаги формата А4 и А5. Оси, графики, подписи выполнять только карандашом. Формат каждой оси графика должен быть выбран по стандарту (1:1, 1:2, 1:4, 1:5 и т. п.) так, чтобы рабочее поле графика имело вид прямоугольника, близкого к квадрату или немного вытянутого по горизонтали (поле в виде узкой вертикальной или горизонтальной полосы свидетельствует о неверно выбранном масштабе). Для подписей осей применять стандартный вид числа. Цифры и заглавные буквы должны быть по высоте около 7 мм, строчные буквы – около 5 мм, индексы – около 3 мм. Количество цифр вдоль осей 6-8 (можно подписывать не каждую масштабную риску). Огибающие линии проводить по экспериментальным точкам так, чтобы был учтен доверительный интервал погрешностей измерений (без изломов, плавно, с «равномерным» разбросом точек относительно линии). Если на одной и той же масштабной сетке наносить несколько графиков, то желательно выбирать разные символы для обозначения экспериментальных точек или подписывать графики (выносками).

На следующем учебном занятии в лабораторном практикуме предъявить оформленные отчеты, ответить на вопросы преподавателя для защиты работы. При необходимости выполнить повторные измерения и расчеты.

#### Тематические рефераты

Первая строка: ФИО \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_ дата \_\_\_\_\_

Вторая строка: Реферат № \_\_\_\_\_ Семестр \_\_\_\_\_

Третья строка: Тема \_\_\_\_\_

Четвертая строка: Название \_\_\_\_\_ « ... (заглавие в соответствии со списком тематических рефератов, см. п. 5 раздел «Самостоятельная работа»)....

Пятая и далее: ... (текст, формулы, рисунки).....

Последняя (блок): Литература (список)

Оформлять тематический реферат по согласованию с преподавателем можно «от руки», или в печатном варианте. Объём эквивалентен не более 3 печ. стр., шрифт TNR 14, 1 интервал, поля – по 2. Количество рисунков и фото не должно превышать 30 % объёма реферата. Рисунки должны быть пронумерованы и подписаны (снизу, под рисунком), а в тексте в круглых скобках указан номер рисунка. При наличии таблиц их также надо составлять с номером, названием (над таблицей) и ссылкой в тексте. Каждая формула записывается на отдельной строке, в конце строки справа указывается номер формулы, в тексте можно использовать номера формул для ссылок на них. В тексте в квадратных скобках указываются номера учебников (из ЭБС ЮРАЙТ), которые использовались при подготовке реферата.

#### Задания (в случае дистанционного обучения)

Требования аналогичные для ответов на вопросы и решению задач на доске (в аудитории) и в контрольной работе.

### ***Критерии оценивания***

#### Ответы на вопросы и решения задач на доске (в аудитории)

Оценка за ответ на вопросы может быть вставлена, если даны ответы на 3 и более вопроса из списка контрольных вопросов к практическому занятию (см.п.5, раздел «Практические занятия»):

- оценка «5» или «зачтено» (в 3 семестре), если каждый из ответов верный и полный, при необходимости сопровождён рисунком и/или формулой;
- оценка «4» или «зачтено» (в 3 семестре), если два из трех ответов верные и полные,
- оценка «3» или «зачтено» (в 3 семестре), если хотя бы один из ответов верный и полный, а другие даны с ошибками или неполные,
- оценка «2» или «не зачтено» (в 3 семестре), если ответов нет или они неверные, не полные.

Каждая задача оценивается по 5-бальной шкале или «зачтено - не зачтено» (в 3 семестре):

- оценка «5» или «зачтено» (в 3 семестре), если получено решение в общем виде, выполнена проверка наименований физвеличин и подстановка числовых значений без ошибок и неточностей;
- оценка «4» или «зачтено» (в 3 семестре), если получено решение в общем виде, выполнена проверка наименований физвеличин и подстановка числовых значений, но допущены неточности в рисунке или вычислениях искомой величины;
- оценка «3» или «зачтено» (в 3 семестре), если получено решение в общем виде, но нет проверки единиц измерений, количественного результата (или они ошибочные), есть ошибки на рисунке;
- оценка «2» или «не зачтено» (в 3 семестре), если не получено решение в общем виде (отсутствует или неверное), не зависимо от наличия оформления данных, рисунка и основных формул.

В конце семестра определяется средняя оценка за ответы на вопросы и решение задач на практических занятиях. Она учитывается при выставлении оценки на экзамене (в качестве дополнительной «рейтинговой»). Во втором семестре - общая оценка «зачтено», если были зачтены не менее 70 % задач и ответов на вопросы.

#### Контрольная работа (4 семестр)

Каждая задача оценивается аналогично описанным выше критериям для задач на практических занятиях.

Итоговая оценка за контрольную работу:

- оценка «5», если имеется не более одной частной оценки «4» и остальные «5»;
- оценка «4», если имеется не более одной частной оценки «3» и остальные «4» и «5»;
- оценка «3», если имеется не более одной частной оценки «2» и остальные «3», «4», «5»;
- оценка «2», если имеется две и более частных оценок «2».

Оценка за контрольную работу учитывается при выставлении оценки на экзамене (в качестве второй дополнительной «рейтинговой»).

#### Защита лабораторных работ

Каждая лабораторная работа выполняется и защищается в течение 2 занятий так, что количество работ соответствует в 2 раза уменьшенному числу учебных недель. Для защиты должны быть правильно выполнены все измерения, даны ответы на все контрольные вопросы.

Оценка «5» (защищено) за лабораторную работу выставляется, если в отчет аккуратно и верно оформлен, все прямые и косвенные результаты получены верно, все погрешности вычислен и округлены верно, все ответы на контрольные вопросы к лабораторной работе даны правильно.

Оценка «4» (защищено), если есть исправления в отчете, даны верные ответы на контрольные вопросы не менее 90%.

Оценка «3» (защищено), если остались неверно вычисленными или неверно округлёнными погрешности измерений, есть неточности в оформлении отчета, даны верные ответы на вопросы к лабораторной работе не менее 80 %.

Оценка «2» (не защищено), если неверно вычислены косвенные измерения, погрешности измерений, есть неточности в оформлении отчета или отсутствует какой-либо из его блоков, даны ответы на контрольные вопросы к лабораторной работе менее 80 %.

Итоговая оценка за все лабораторные работы в семестре, предусмотренные в соответствии с графиком занятий и расписанием:

- оценка «5», если имеется не более двух частных «4», остальные «5»;
- оценка «4», если имеется не более двух частных «3», остальные «4» и «5»;
- оценка «3», если имеется не более двух частных «2», остальные «3», «4», «5»;
- оценка «2», если имеется более двух частных «2».

Положительная итоговая оценка в семестре за весь комплекс лабораторных работ учитывается при выставлении оценки на экзамене (в качестве третьей дополнительной «рейтинговой»). В третьем семестре общая оценка «защищено» соответствует положительной оценке по 5-бальной системе, «не защищено» - оценке «2».

При неудовлетворительной оценке или «не защищено» в семестре за весь комплекс лабораторных работ необходимо подготовить и защитить их во время экзаменационной сессии на консультации. Если остаётся задолженности по лабораторным работам (более двух не защищённых), то на экзамене оценка может быть снижена вплоть до «не удовлетворительно».

#### Тематические рефераты (3 семестр)

Каждый конспект (реферат) оценивается по 5-бальной шкале в зависимости от полноты описания изучаемого явления.

- оценка «5», если представлено общее описание физического явления, содержатся необходимые рисунки (чертежи), содержатся основные формулы; приведены примеры применения изучаемого физического явления, выполнены требования по оформлению реферата;
- оценка «4», если представлено общее описание физического явления, содержатся необходимые рисунки (чертежи), содержатся основные формулы; могут отсутствовать примеры применения изучаемого физического явления, имеются несущественные нарушения требований по оформлению реферата (например, неверно указаны номера рисунков, таблиц, ссылок, формул);
- оценка «3», если представлено общее описание физического явления, нет или мало рисунков, формулы или в них есть ошибки; могут отсутствовать примеры применения изучаемого физического явления, имеются несущественные нарушения требований по оформлению реферата (например, неверно указаны номера рисунков, таблиц, ссылок, формул);
- оценка «2», если не раскрыто содержание темы, нет рисунков, формул, а также ссылок на источники.

Итоговая оценка за все тематические рефераты в 3 семестре:

- оценка «5», если имеется не более двух частных «4», остальные «5»;
- оценка «4», если имеется не более двух частных «3», остальные «4» и «5»;
- оценка «3», если имеется не более двух частных «2», остальные «3», «4», «5»;
- оценка «2», если имеется более двух частных «2».

Таким образом, в третьем семестре оценка «зачтено» соответствует положительной оценке по 5-бальной системе, «не зачтено» - оценке «2». Положительная итоговая оценка в 3 семестре за весь комплекс тематических рефератов учитывается при выставлении зачета.

#### Задания (в случае дистанционного обучения)

Аналогичные критериям для ответов на вопросы и решению задач на доске (в аудитории) и в контрольной работе.

## **6.2. Оценочные средства и критерии оценивания для промежуточной аттестации**



Промежуточная аттестация по дисциплине «Физика» в третьем семестре состоит из зачёта и в четвертом семестре – в виде экзамена в соответствии с учебным планом.

Зачёт в 3 семестре состоит в выполнении решений задач, лабораторных работ и самостоятельной работы по содержащимся в данной программе учебным вопросам.

Экзамен за 4 семестр студенты сдают по вопросам билета, им предоставляется возможность подготовки письменного ответа, а затем – устного ответа на вопросы билета. В качестве дополнительных вопросов используются контрольные вопросы и/или задачи для самостоятельного решения (см. п. 5, раздел «Практические занятия»). При выставлении оценки за экзамен учитываются оценки по другим видам занятий в семестре (см. п. 6.1).

### 3 семестр

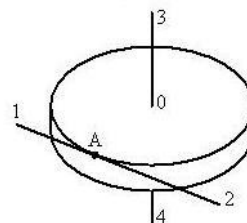
#### *Пример тестового задания*

**№ 1.** Если  $\vec{a}_\tau$  и  $\vec{a}_n$  – тангенциальная и нормальная составляющая ускорения, то соотношения  $a_\tau = 0$ ,  $a_n = 0$  справедливы для:

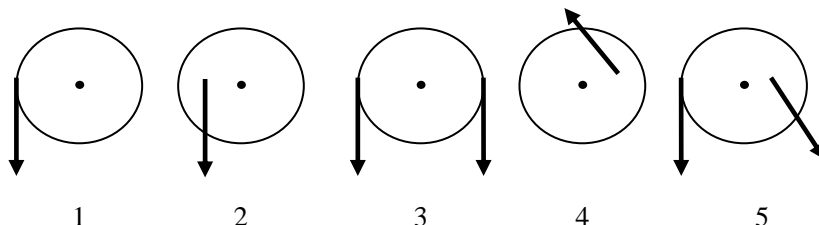
1. равномерного движения по окружности
2. прямолинейного равномерного движения
3. прямолинейного равноускоренного движения
4. равномерного криволинейного движения

**№ 2.** Диск радиуса  $R$  вращается вокруг вертикальной оси равноускоренно по часовой стрелке. Укажите направление вектора углового ускорения

- 1
- 2
- 3
- 4



**№ 3.** В каком из представленных на рисунках случаев суммарный момент всех сил, приложенных к телу, будет максимальным:



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

**№ 4.** Тело массой 1 кг разгоняется под действием постоянной силы из состояния покоя до скорости 4 м/с. При этом сила совершает работу:

1. 8 Дж
2. 16 Дж
3. 2 Дж
4. 4 Дж

**№ 5.** Уравнение движения пружинного маятника  $\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{b}{m} \cdot \frac{dx}{dt} + \frac{k}{m}x = 0$  является

дифференциальным уравнением:

1. свободных затухающих колебаний
2. свободных незатухающих колебаний

3. вынужденных колебаний.

№ 6. Для продольной волны справедливо утверждение:

1. частицы среды колеблются в направлении распространения волны
2. возникновение волны связано с деформацией сдвига
3. частицы среды колеблются в направлениях, перпендикулярных направлению распространения волны.

№ 7. Объём сосуда с идеальным газом уменьшили вдвое и добавили в сосуд такое же количество этого же газа. Температура газа поддерживается постоянной. Выберите два верных утверждения (укажите номера)

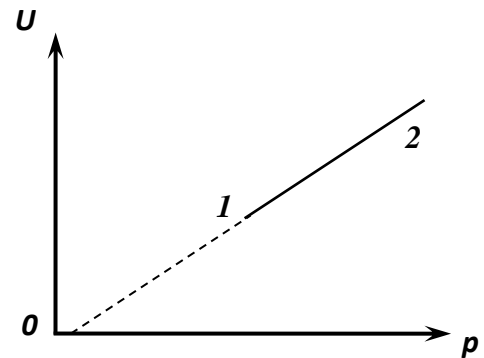
1. давление газа увеличилось в 4 раза;
2. внутренняя энергия не изменилась;
3. концентрация молекул уменьшилась;
4. газ совершил работу;
5. плотность газа увеличилась.

№ 8. Один моль одноатомного идеального газа изобарно нагрели. Как изменились при этом его объём и внутренняя энергия? (для каждой величины укажите соответствующий характер изменения)

1. увеличилась;
2. уменьшилась;
3. не изменилась.

№ 9. На рисунке показан процесс изменения состояния 1 моля одноатомного газа ( $U$  – внутренняя энергия,  $p$  – давление). Выберите 2 верных утверждения (укажите их номера):

1. концентрация молекул газа уменьшается;
2. объём газа не меняется;
3. плотность газа увеличивается;
4. температура повышается



№ 10. В понедельник и вторник температура воздуха была одинаковой. Парциальное давление водяного пара в атмосфере в понедельник было меньше, чем во вторник. Выберите два верных утверждения (укажите номера)

1. плотность водяных паров в воздухе в понедельник была меньше, чем во вторник;
2. относительная влажность воздуха в понедельник была меньше, чем во вторник;
3. концентрация молекул водяного пара в воздухе в понедельник и вторник была равна;
4. давление насыщенных водяных паров в понедельник было больше, чем во вторник;
5. масса водяных паров в  $1 \text{ м}^3$  воздуха в понедельник была больше, чем во вторник.

№ 11. Газ в сосуде сжали, совершив работу 30 Дж. Внутренняя энергия при этом увеличилась на 25 Дж. Какое количество теплоты отдал при этом газ?

1. 55 Дж;
2. 5 Дж;
3. 30 Дж;
4. 25 Дж.

№ 12. Чему равен максимальный КПД, который может иметь тепловой двигатель с температурой нагревателя  $727^\circ\text{C}$  и температурой холодильника  $27^\circ\text{C}$ .

1. 90 %;
2. 3 %;
3. 70 %;
4. 30 %.

№ 13. Чтобы нагреть кусок молибдена массой 96 г на 1 градус, ему надо передать количество теплоты 24 Дж. Чему равна удельная теплоёмкость этого вещества? (Вычислить.)

№ 14. Какое количество теплоты выделится при кристаллизации свинца массой 120 г, взятого при температуре плавления? (Вычислить.)

5 семестр

Вопросы к экзамену

1. Электрическое поле в вакууме. (Источники электростатического поля. Вектор напряжённости и линии напряжённости. Принцип суперпозиции для результирующей напряжённости. Примеры ЭП. Потенциал. Принцип суперпозиции для суммарного потенциала. Эквипотенциальные поверхности ЭП, примеры)
2. Электрическое поле в веществе. (Вектор индукции ЭП, его связь с вектором напряжённости. Теорема Остроградского – Гаусса для электростатического поля, примеры применения. Электрическое поле при наличии проводников. Электростатическая защита. Сегнетоэлектрики)
3. Действие электрического поля на заряды. (Связь работы ЭП для перемещения пробного заряда с его напряжённостью ЭП, с разностью потенциалов. Потенциальный характер ЭП, теорема о циркуляции. Связь работы ЭП с энергией взаимодействия зарядов. Энергия и объёмная плотность энергии электрического поля).
4. Постоянный электрический ток. (Характеристики тока проводимости. Источники тока, сторонние силы и их работа, электродвижущая сила. Закон Ома для однородного и неоднородного участков цепи, замкнутой цепи. Правила Кирхгофа. Электросопротивление и его зависимость от формы, размеров, природы и температуры резистора.)
5. Работа и мощность электрического тока. (Работа и мощность тока разных участков цепи постоянного электрического тока. КПД источника тока, его зависимость от тока и электросопротивления.)
6. Электрический ток в разных средах. (Классическая электронная теория металлов и её трудности. Контактная разность потенциалов. Электрический ток в электролитах, электролиз, законы Фарадея, подвижность ионов в электролитах. Электрический ток в газах, ионизация, рекомбинация. Газовый разряд и его типы.)
7. Магнитное поле в вакууме. (Магнитное поле и его источники. Закон Био – Савара – Лапласа, вектор магнитной индукции, линии магнитной индукции. Вихревой характер МП. Принцип суперпозиции для результирующей индукции МП. МП прямого тока и кругового тока. Теорема Остроградского – Гаусса. МП движущегося заряда.)
8. Магнитное поле в веществе. (Намагничивание магнетиков, микротоки. Вектор напряжённости МП, теорема о циркуляции напряжённости МП и её применение. Магнитная восприимчивость и проницаемость. Понятие о слабых магнетиках: диа- и парамагнетиках. Сильные магнетики: ферромагнетики, антиферромагнетики, ферриты. Магнитный гистерезис.)
9. Действие магнитного поля на токи и заряды. (Действие МП на однородный проводник с током, сила Ампера. Взаимодействие параллельных токов. Магнитный поток и работа МП. Магнитный момент контура с током и действие на него МП. Действие МП на движущийся заряд, сила Лоренца.)
10. Электромагнитная индукция и электромагнитное поле. (Электромагнитная индукция, закон Фарадея, правило Ленца. Генерирование переменного тока. Самоиндукция, взаимная индукция. Вихревое электрическое поле, ток смещения. Уравнения Максвелла и материальные уравнения.)
11. Электромагнитные колебания. (Колебательный контур. Свободные электромагнитные гармонические колебания, затухающие колебания и их характеристики. Преобразование электрической энергии в магнитную)
12. Электромагнитные волны (Волновой процесс. Волновые уравнения и уравнения плоской электромагнитной волны. Поперечность ЭМВ. Кинематические и энергетические характеристики ЭМВ. Шкала ЭМВ)
13. Интерференция света. (Принцип Гюйгенса. Понятие о когерентности. Методы получения когерентных волн в оптике. Схемы интерференционных картин).

14. Дифракция (Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Дифракция Френеля и Фраунгофера).
15. Поляризация света. (Понятие о естественном и поляризованном свете. Закон Малюса. Способы поляризации света и сущность каждого из них. Анализ поляризованного света.)
16. Взаимодействие света с веществом (Дисперсия. Основы электронной теории дисперсии. Поглощение и рассеяние света)
17. Законы геометрической оптики (Принцип Ферма. Вывод законов геометрической оптики. Преломление света различными поверхностями. Призма, зеркала и тонкие линзы. Вывод формулы сферической поверхности и формулы тонкой линзы на основе принципа Ферма. Оптические приборы.)
18. Фотометрия (Световые величины и единицы их измерения. Законы освещённости. Глаз как фотометрический прибор).
19. Основы квантовой оптики. (Тепловое излучение. Фотоэффект, эффект Комптона и давление света. Корпускулярно-волновой дуализм света).
20. Волновые свойства частиц вещества. (Гипотеза Луи де Бройля. опыты, подтверждающие предположение де Бройля. Волновая функция и её физический смысл. Принцип неопределённостей. Частица в потенциальной яме с непроницаемыми стенками)
21. Структура и модели атома. Теория Бора (экспериментальные данные о структуре атома, модели Томсона, Резерфорда, Бора, Бройля, Зоммерфельда, спектральные закономерности атома водорода, постулаты Бора, энергия электрона в атоме, серийная формула)
22. Квантово-механическое описание атома водорода (Операторный метод квантовой физики. Стационарное уравнение движения квантовой нерелятивистской частицы. Квантовые числа и их физический смысл. Спин электрона. Опыт Штерна-Герлаха)
23. Многоэлектронные атомы (Принцип Паули. Электронная конфигурация атома. Периодичность свойств химических элементов. Рентгеновские спектры, серийная формула и гипотеза Косселя)
24. Физика атомного ядра (состав атомного ядра, ядерные силы и модели ядра. Виды и законы радиоактивного излучения. Особенности различных радиоактивных превращений. Ядерные реакции и атомная энергия. Деление и синтез ядер.)
25. Физика элементарных частиц (Фундаментальные взаимодействия и основные классы элементарных частиц. Глюоны)
26. Элементы физики твёрдого тела (Понятие о зонной теории твёрдых тел. Электропроводность твёрдых тел. Эффект Холла)

*Образец экзаменационного билета*

**Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования**

**Смоленский государственный университет**

**Кафедра физики и технических дисциплин**

Направление подготовки **44.03.05 Педагогическое образование**

(Профиль: **Математика, информатика**)

Дисциплина: **Б1.В.06 Физика**

**4 семестр**

**Экзаменационный билет № 1**

1. Электрическое поле в вакууме. (Источники электростатического поля. Вектор напряжённости и линии напряжённости. Принцип суперпозиции для результирующей напряжённости. Примеры ЭП. Потенциал. Принцип суперпозиции для суммарного потенциала. Эквипотенциальные поверхности ЭП, примеры)
2. Дифракция (Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Дифракция Френеля и Фраунгофера)
3. Колебательный контур, состоящий из плоского конденсатора с площадью пластин  $100 \text{ см}^2$  и катушки индуктивностью  $1 \text{ мкГн}$ , возбуждает электромагнитные волны длиной  $10 \text{ м}$ . Определить расстояние между пластинами конденсатора.

4. Определить длину волны фотона, импульс которого равен импульсу электрона, прошедшего разность потенциалов 9,8 В.
5. Происходит реакция синтеза дейтерия и трития, в результате которой образуется нейтрон и неизвестная частица. Записать схему ядерной реакции, определить неизвестную частицу и энергетический выход реакции.

Завкафедрой

А.В. Дюндин

### *Критерии оценивания зачета и экзамена*

#### 3 семестр

«Зачёт» выставляется, если одновременно имеются:

- средняя итоговая оценка «зачтено» по ответам на вопросы и решению задач на практическом занятии (в семестре) или по заданиям (в случае дистанционного обучения);
- оценка «зачтено» по контрольной работе;
- итоговая оценка «защитено» по всему комплексу лабораторных работ;
- итоговая оценка «зачтено» по всему комплексу тематических рефератов.

«Не зачтено» выставляется, если есть хотя бы одна оценка «не зачтено» из перечисленных выше пунктов.

#### 4 семестр

Ответ на вопрос экзаменационного билета оценивается по 5-бальной шкале:

- оценка «5», если представлено полное описание физического явления, содержатся необходимые рисунки (чертежи, схемы, графики), без ошибок записаны основные формулы и выполнены преобразования выражений для получения доказательства утверждения; приведены примеры применения изучаемого физического явления;
- оценка «4», если представлено в целом полное описание физического явления, содержатся необходимые рисунки (чертежи, схемы, графики), без ошибок записаны основные формулы, но в преобразованиях выражений могут быть ошибки; могут отсутствовать примеры применения изучаемого физического явления, имеются некоторые неточности и негрубые ошибки;
- оценка «3», если представлено краткое описание физического явления, нет или мало рисунков, без ошибок записаны основные формулы, но нет преобразований выражений; могут отсутствовать примеры применения изучаемого физического явления;
- оценка «2», если не раскрыто содержание вопроса, нет рисунков, формул, допущены грубые ошибки в формулировках законов, не четкого определения физических величин и их размерностей.

Каждая задача экзаменационного билета оценивается по 5-бальной шкале:

- оценка «5», если получено решение в общем виде, выполнена проверка наименований физвеличин и подстановка числовых значений без ошибок и неточностей;
- оценка «4», если получено решение в общем виде, выполнена проверка наименований физвеличин и подстановка числовых значений, но допущены неточности в рисунке или вычислениях искомой величины;
- оценка «3», если получено решение в общем виде, но нет проверки единиц измерений, количественного результата (или они ошибочные), есть ошибки на рисунке;
- оценка «2», если не получено решение в общем виде (отсутствует или неверное), не зависимо от наличия оформления данных, рисунка и основных формул.

Итоговая оценка за ответ по экзаменационному билету:

- оценка «отлично», если имеется не более одной частной оценки «4» и остальные «5»;
- оценка «хорошо», если имеется не более одной частной оценки «3» и остальные «4» и «5»;
- оценка «удовлетворительно», если имеется не более одной частной оценки «2» и остальные «3», «4», «5»;
- оценка «неудовлетворительно», если имеется две и более частных оценок «2».

Однако итоговая оценка за экзамен учитывает не только ответ по билету, но и три дополнительные «рейтинговые» оценки за работу в семестре:

- за ответы на вопросы и решение задач на доске (в аудитории) или выполнение заданий (в случае дистанционного обучения),

- за контрольную работу,
- за защиту лабораторных работ.

Находится среднее значение из этих трёх «рейтинговых оценок. Если оно оказывается выше оценки по билету, то итоговая оценка за экзамен повышается, если ниже – то понижается.

## 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### 7.1. Основная литература

#### 3 семестр

1. Айзензон, А. Е. Физика : учебник и практикум для вузов / А. Е. Айзензон. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 335 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00487-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450504>
2. Бондарев, Б. В. Курс общей физики в 3 кн. Книга 1: механика : учебник для бакалавров / Б. В. Бондарев, Н. П. Калашников, Г. Г. Спиринов. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 353 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-1753-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/425487>
3. Бондарев, Б. В. Курс общей физики в 3 кн. Книга 3: термодинамика, статистическая физика, строение вещества : учебник для бакалавров / Б. В. Бондарев, Н. П. Калашников, Г. Г. Спиринов. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 369 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-1755-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/425491>
4. Бордовский, Г. А. Общая физика в 2 т. Том 1: учебное пособие для вузов / Г. А. Бордовский, Э. В. Бурсиан. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 242 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05451-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/454254>
5. Давыдкин, В. В. Физика: механика, электричество и магнетизм : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. В. Давыдкин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 169 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-05014-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/454400>
6. Замураев, В. П. Молекулярная физика. Задачи : учебное пособие для вузов / В. П. Замураев, А. П. Калинина. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 189 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08229-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/455724>
7. Никеров, В. А. Физика : учебник и практикум для вузов / В. А. Никеров. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 415 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-4820-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450293>
8. Прошкин, С. С. Механика, термодинамика и молекулярная физика. Сборник задач : учебное пособие для вузов / С. С. Прошкин, В. А. Самолетов, Н. В. Ниженский. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 467 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04772-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/453302>
9. Склярова, Е. А. Физика. Механика : учебное пособие для вузов / Е. А. Склярова, С. И. Кузнецов, Е. С. Кулюкина. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 248 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-06860-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/453993>
10. Трофимова, Т. И. Руководство к решению задач по физике : учебное пособие для вузов / Т. И. Трофимова. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 265 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-3429-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/449610>
11. Физика : учебник и практикум для вузов / В. А. Ильин, Е. Ю. Бахтина, Н. Б. Виноградова, П. И. Самойленко ; под редакцией В. А. Ильина. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. —

399 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-6343-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450506>

#### **4 семестр**

1. Айзензон, А. Е. Физика : учебник и практикум для вузов / А. Е. Айзензон. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 335 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00487-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450504>
2. Бондарев, Б. В. Курс общей физики в 3 кн. Книга 2: электромагнетизм, оптика, квантовая физика : учебник для бакалавров / Б. В. Бондарев, Н. П. Калашников, Г. Г. Спиринов. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 441 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-1754-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/425490>
3. Бордовский, Г. А. Общая физика в 2 т. Том 2 : учебное пособие для вузов / Г. А. Бордовский, Э. В. Бурсиан. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 299 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05452-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/454455>
4. Горячев, Б. В. Общая физика. Оптика. Практические занятия : учебное пособие для вузов / Б. В. Горячев, С. Б. Могильницкий. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 92 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00778-7. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451305>
5. Давыдов, В. В. Физика: механика, электричество и магнетизм : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. В. Давыдов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 169 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-05014-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/454400>
6. Кузнецов, С. И. Физика: оптика. Элементы атомной и ядерной физики. Элементарные частицы : учебное пособие для вузов / С. И. Кузнецов. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 301 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01420-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451430>
7. Никеров, В. А. Физика : учебник и практикум для вузов / В. А. Никеров. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 415 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-4820-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450293>
8. Суханов И. И. Основы оптики. Теория изображения : учебное пособие для вузов / И. И. Суханов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. <https://urait.ru/bcode/453260>
9. Трофимова, Т. И. Руководство к решению задач по физике : учебное пособие для вузов / Т. И. Трофимова. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 265 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-3429-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/449610>
10. Физика : учебник и практикум для вузов / В. А. Ильин, Е. Ю. Бахтина, Н. Б. Виноградова, П. И. Самойленко ; под редакцией В. А. Ильина. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 399 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-6343-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450506>

## **7.2.Дополнительная литература**

### **3 семестр**

1. Бобошина, С. Б. Физика. Тепловые процессы : учебное пособие для вузов / С. Б. Бобошина, Г. Н. Измайлов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 118 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08814-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/454059>
2. Бордовский, Г. А. Физические основы естествознания : учебное пособие для вузов / Г. А. Бордовский. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. —

- 226 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05209-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/454253>
3. Бордовский, Г. А. Физические основы математического моделирования : учебник и практикум для вузов / Г. А. Бордовский, А. С. Кондратьев, А. Чоудери. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 319 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05365-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452264>
  4. Гольдштейн, А. Е. Физические основы получения информации : учебник для вузов / А. Е. Гольдштейн. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 291 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-6529-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451328>
  5. Горлач, В. В. Физика: механика. Электричество и магнетизм. Лабораторный практикум : учебное пособие для вузов / В. В. Горлач. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 171 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07606-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/455479>
  6. Горлач, В. В. Физика. Задачи, тесты. Методы решения : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. В. Горлач. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 301 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-08112-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/449119>
  7. Горлач, В. В. Физика. Самостоятельная работа студента : учебное пособие для вузов / В. В. Горлач, Н. А. Иванов, М. В. Пластинина. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 168 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-9816-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452048>
  8. Калашников, Н. П. Физика. Графические методы решения задач : учебное пособие для среднего профессионального образования / Н. П. Калашников, В. И. Кошкин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 250 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-00186-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452419>
  9. Калашников, Н. П. Физика в 2 ч. Часть 1 : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н. П. Калашников, С. Е. Муравьев. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 254 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-09159-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/449060>
  10. Кравченко, Н. Ю. Физика : учебник и практикум для вузов / Н. Ю. Кравченко. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 300 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01027-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450821>
  11. Лотов, К. В. Физика сплошных сред : учебное пособие для вузов / К. В. Лотов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 135 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10208-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/456087>
  12. Родионов, В. Н. Физика : учебное пособие для вузов / В. Н. Родионов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 265 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08600-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/book/fizika-452605>
  13. Практические занятия по общему курсу физики : учебник для вузов / Г. В. Ерофеева, Ю. Ю. Крючков, Е. А. Складорова, И. П. Чернов. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 492 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09399-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451204>
  14. Физика: колебания и волны. Лабораторный практикум : учебное пособие для вузов / В. В. Горлач, Н. А. Иванов, М. В. Пластинина, А. С. Рубан ; под редакцией В. В. Горлача. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 128 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10139-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452050>



15. Физика. Словарь-справочник в 2 ч. Часть 1 : справочник для вузов / Е. С. Платунов, В. А. Самолетов, С. Е. Буравой, С. С. Прошкин. — 2-е изд., стер. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 379 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-01789-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/434086>
16. Физика. Словарь-справочник в 2 ч. Часть 2 : справочник для вузов / Е. С. Платунов, В. А. Самолетов, С. Е. Буравой, С. С. Прошкин. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 396 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-01939-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/434437>

#### 4 семестр

1. Бордовский, Г. А. Физические основы естествознания : учебное пособие для вузов / Г. А. Бордовский. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 226 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05209-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/454253>
2. Бордовский, Г. А. Физические основы математического моделирования : учебник и практикум для вузов / Г. А. Бордовский, А. С. Кондратьев, А. Чоудери. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 319 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05365-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452264>
3. Гольдштейн, А. Е. Физические основы получения информации : учебник для вузов / А. Е. Гольдштейн. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 291 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-6529-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451328>
4. Горлач, В. В. Физика. Задачи, тесты. Методы решения : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. В. Горлач. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 301 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-08112-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/449119>
5. Горлач, В. В. Физика: квантовая физика. Лабораторный практикум : учебное пособие для вузов / В. В. Горлач. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 114 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10137-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452869>
6. Горлач, В. В. Физика: механика. Электричество и магнетизм. Лабораторный практикум : учебное пособие для вузов / В. В. Горлач. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 171 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07606-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/455479>
7. Горлач, В. В. Физика. Самостоятельная работа студента : учебное пособие для вузов / В. В. Горлач, Н. А. Иванов, М. В. Пластинина. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 168 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-9816-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452048>
8. Иоффе, Б. Л. Физика элементарных частиц: квантовая хромодинамика в 2 т. Том 2 : учебное пособие для вузов / Б. Л. Иоффе, Л. Н. Липатов, В. С. Фадин. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 344 с. — (Авторский учебник). — ISBN 978-5-534-08087-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/441566>
9. Калашников, Н. П. Физика. Графические методы решения задач : учебное пособие для среднего профессионального образования / Н. П. Калашников, В. И. Кошкин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 250 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-00186-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452419>
10. Калашников, Н. П. Физика в 2 ч. Часть 2 : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н. П. Калашников, С. Е. Муравьев. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2017. — 293 с. — (Профессиональное образование)

- образование). — ISBN 978-5-9916-9730-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/397704>
11. Кравченко, Н. Ю. Физика : учебник и практикум для вузов / Н. Ю. Кравченко. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 300 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01027-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450821>
  12. Лотов, К. В. Физика сплошных сред : учебное пособие для вузов / К. В. Лотов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 135 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10208-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/456087>
  13. Лютов В. П. Цветоведение и основы колориметрии: учебник и практикум для вузов / В. П. Лютов, П. А. Четверкин, Г. Ю. Головастиков. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. <https://urait.ru/bcode/451507>
  14. Родионов, В. Н. Физика : учебное пособие для вузов / В. Н. Родионов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 265 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08600-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/book/fizika-452605>
  15. Практические занятия по общему курсу физики : учебник для вузов / Г. В. Ерофеева, Ю. Ю. Крючков, Е. А. Склярова, И. П. Чернов. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 492 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09399-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451204>
  16. Физика: колебания и волны. Лабораторный практикум : учебное пособие для вузов / В. В. Горлач, Н. А. Иванов, М. В. Пластинина, А. С. Рубан ; под редакцией В. В. Горлача. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 128 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10139-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452050>
  17. Физика. Словарь-справочник в 2 ч. Часть 1 : справочник для вузов / Е. С. Платунов, В. А. Самолетов, С. Е. Буравой, С. С. Прошкин. — 2-е изд., стер. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 379 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-01789-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/434086>
  18. Физика. Словарь-справочник в 2 ч. Часть 2 : справочник для вузов / Е. С. Платунов, В. А. Самолетов, С. Е. Буравой, С. С. Прошкин. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 396 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-01939-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/434437>

### 7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. ЭБС Юрайт: <https://urait.ru>
2. Российская Государственная Библиотека: <http://www.rsl.ru/>
3. Научная электронная библиотека: <http://txt.elibrary.ru/>
4. Научная библиотека Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова: <http://www.lib.msu.su/index.html>
5. Открытая русская электронная библиотека: <http://orel.rsl.ru/index.shtml>
6. Научная библиотека Санкт-Петербургского государственного университета: <http://www.lib.pu.ru/>
7. Университетская информационная система «Россия»: <http://uisrussia.msu.ru>
8. Интернет-энциклопедии: Wikipedia, Dic.academic.ru, Megabook.ru, Krugosvet.ru.
9. Сайт «Ядерная физика в Интернете» кафедры общей ядерной физики физического факультета МГУ и НИИЯФ МГУ: <http://nuclphys.sinp.msu.ru/>
10. Список Нобелевских лауреатов по физике: <http://n-t.ru/nl/fz/>
11. Научно-популярный физико-математический журнал «Квант»: <http://kvant.mccme.ru/>

### 8. Материально-техническое обеспечение

1. Демонстрационное оборудование (хранится на кафедре физики и технических

дисциплин в кабинете 425 к.2)

2. Презентации по вопросам лекций (хранятся в электронном виде у преподавателей).
3. Учебные фильмы по темам курса (хранятся в электронном виде у преподавателей).
4. Лабораторное оборудование (хранится в лабораториях 328, 331, 333, 340 к. 2).
5. Персональные компьютеры (хранятся в лаборатории 328 к.2 кафедры физики и технических дисциплин)
6. Методические рекомендации по выполнению лабораторного практикума (хранятся в кабинете 329 с ксерокопировальной техникой ФМФ, выдаются студентам в начале семестра).
7. Билеты для контрольной работы (хранятся в кабинете 425 к. 2 кафедры физики и технических дисциплин).
8. Билеты для экзамена (хранятся на кафедре физики и технических дисциплин – в электронном и печатном виде).
9. Помещения для самостоятельной работы - аудитории № 225, 226, 425 с выходом в Интернет, оснащенные следующим оборудованием: персональные компьютеры, рабочие столы (выбор аудитории зависит от её занятости по графику занятий на очном и заочном отделениях).

### 9. Программное обеспечение

1. Системное: ОС Windows XP, 7 и более.
2. Сервисное ПО: антивирусные программы Dr.Web, Kaspersky, Avas, архиваторы WinRAR, WinZIP.
3. Сетевое ПО: интернет-браузеры Yandex Browser, Chrome, Opera.
4. Прикладное ПО: Word, PowerPoint, Excel .
5. Обучающее (бесплатно):
  - Физика. Обучающая и тестирующая система [Физика. Обучающая и тестирующая система. 2.9](#)
  - Электронный учебник "Физика" [Электронный учебник "Физика" 2.0](#)
  - Система для школьников и студентов младших курсов ВУЗов [Начала ЭЛЕКТРОНИКИ 1.2](#)
  - Программа для определения погрешностей показаний барометра-погодника в зависимости от местных условий [Barometr 1.0](#)
  - Программа для определения типа радиоэлементов [Color and Code 19.41](#)
  - Справочник по полупроводниковым приборам для студентов и др. [Справочник по полупроводниковым приборам 2.0](#)
  - Калькулятор и конвертер величин с поддержкой комплексных чисел и возможностью построения графиков [PasCalc 1.1](#)
  - Программа для пересчета единиц измерения [Программа для пересчета единиц измерения 1.0.1](#)
  - Приложение для создания 2D-объектов и эмуляции физических явления [Phun 5.28](#)
  - Виртуальная физическая 2D лаборатория для преподавания и изучения основных понятий физики [Physion 1.2.0](#)

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 03B6A3C600B7ADA9B742A1E041DE7D81B0  
Владелец: Артеменков Михаил Николаевич  
Действителен: с 04.10.2021 до 07.10.2022