





**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ .....	4
Раздел 1. УЧЕБНЫЙ ПЛАН .....	4
Раздел 2. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ДИСЦИПЛИНЕ .....	5
Раздел 3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	6
Раздел 4. ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА ИНФОРМАЦИИ .....	6
Раздел 5. Электронный адрес кафедры физики МГТУ ГА .....	7
Раздел 6. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ .....	7
Раздел 7. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА.....	8
Раздел 8. ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ .....	27

## ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемое издание содержит методические указания по изучению курса «Физика» на первом и втором курсах обучения для студентов заочного отделения. Пособие содержит учебный план и учебную программу, в которой дано распределение изучаемого материала по темам, приводятся вопросы для самоконтроля, указывается необходимая литература.

### Раздел 1. УЧЕБНЫЙ ПЛАН

(аудиторные часы)

Направление 162300_3 (М)							
Семестр	Лекции	Лаб. раб.	Пр. 3	КР	Зач.	Экз.	Всего:
1	6	8	-	1	-	1	14
2	8	8	-	2	-	1	16
3	8	8	-	3	-	1	16

Направление 162500_3 (АК)							
Семестр	Лекции	Лаб. раб.	Пр. 3	КР	Зач.	Экз.	Всего:
1	8	8	-	1	1	-	24
2	8	8	-	1	-	1	16
3	8	8	-	1	-	1	16

Специальность 162107_3 (РС)							
Семестр	Лекции	Лаб. раб.	Пр. 3	КР	Зач.	Экз.	Всего:
1	6	8	-	1	-	1	14
2	8	8	-	2	-	1	16
3	10	8	-	3	-	1	18

## **Раздел 2. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ДИСЦИПЛИНЕ**

### **ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **1.1. Цель преподавания дисциплины**

Дать целостное представление о процессах и явлениях, происходящих в природе, о фундаментальных физических законах, управляющих ими, о возможностях современных методов познания природы. Дать базовые знания в своей области для общепрофессиональных и специальных дисциплин.

**1.2. Задачи изучения дисциплины** (необходимый комплекс знаний и умений).

В результате изучения физики студент должен:

1.2.1. Иметь представление:

- о Вселенной в целом как физическом объекте и ее эволюции;
- о фундаментальном единстве естественных наук, незавершенности естествознания и возможности его дальнейшего развития;
- о дискретности и непрерывности в природе;
- о соотношении порядка и беспорядка в природе, упорядоченности строения объектов, переходах в неупорядоченное состояние, и наоборот;
- о динамических и статистических закономерностях в природе;
- о вероятности как объективной характеристике природных систем;
- об измерениях и их специфичности в различных разделах физики;
- о фундаментальных константах естествознания;
- о принципах симметрии и законах сохранения;
- о взаимосвязи пространства и времени;
- об индивидуальном и коллективном поведении объектов в природе;
- о физическом моделировании.

1.2.2. Знать:

- основные понятия, законы и модели механики, электричества и магнетизма, колебаний и волн, квантовой физики, статистической физики, термодинамики;
- методы теоретического и экспериментального исследования в физике.

1.2.3. Уметь:

- решать типовые задачи по темам курса;
- оценивать численные порядки величин, характерных для различных разделов физики.

1.2.4. Иметь опыт:

- моделирования процессов и явлений;
- постановки и проведения экспериментов с физическими объектами.

## Раздел 3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### Основная литература:

1. В.Д. Дмитриева, В.Л. Прокофьев. Основы физики: учеб. пособие для студентов вузов. – М.: Высшая школа, 2001.

### Дополнительная литература:

2. Савельев И.В. Курс общей физики // Механика // Молекулярная физика. – М.: Наука, 1989. – Т. 1.

3. Савельев И.В. Курс общей физики // Электричество и магнетизм // Оптика. – М.: Наука, 1989. – Т. 2.

4. Савельев И.В. Курс общей физики // Электричество и магнетизм // Оптика. – М.: Наука, 1989. – Т. 3.

5. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. – М.: Высшая школа, 1989.

6. Трофимова Т.И. Курс физики. – М.: Высшая школа, 1990.

7. Физика в техническом университете / под ред. Л.К. Мартинсона, А.Н. Морозова. <http://fn.bmstu.ru/phys/bib/physbook/tom1,2/>.

### Литература по выполнению контрольных заданий:

Методическое пособие контрольные задания по курсу «Физика» для студентов заочного отделения. Часть 1-6.

Пособия выдаются в деканате перед началом семестра, а также размещены на сайте университета, на странице кафедры физики на вкладке «Студенту-заочнику»: <http://www.mstuca.ru/about/structure/kafedral/>.

## Раздел 4. ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА ИНФОРМАЦИИ

(перечень адресов порталов и сайтов в интернете, содержащих учебную информацию по дисциплине)

### 4.1. Электронная информотека МГТУ ГА:

<http://www.mstuca.ru/biblio/index.php>.

### 4.2. Учебники в формате DjVu:

- Савельев И.В. Курс общей физики т. 1-3:

<http://narod.ru/disk/17199009000/Savelev%20-%20Kurs%20obshchei%20fiziki%20-%203%20toma.djvu.zip.html>;

- Тейлор Дж. "Введение в теорию ошибок":

<http://bookfi.org/book/448686>.

4.3. Видеодемонстрации физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова <http://genphys.phys.msu.su/video/>

## Раздел 5. ЭЛЕКТРОННЫЙ АДРЕС КАФЕДРЫ ФИЗИКИ МГТУ ГА

[kf@mstuca.aero](mailto:kf@mstuca.aero)

## Раздел 6. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### 1 курс

1. Механика: кинематика, динамика, работа и энергия, основы специальной теории относительности, механика твёрдого тела, элементы механики жидкостей и газов, механические колебания (1 семестр).

2. Молекулярная физика и термодинамика: молекулярно-кинетическая теория идеальных газов, основы термодинамики, реальные газы, жидкости и твёрдые тела. Статистическая физика: распределения Максвелла и Больцмана (2 семестр).

3. Электростатика: электростатическое поле, электростатическое поле в веществе. Постоянный электрический ток (2 семестр).

### 2 курс

1. Электромагнетизм: магнитное поле; сила Лоренца; электромагнитная индукция; уравнения Максвелла.

*Замечание: у потока 162500\_3 (АК) этот раздел относится ко 2 семестру 1 курса.*

2. Электромагнитные колебания и волны. Волновая оптика: интерференция, дифракция, дисперсия, поляризация света.

3. Основы квантовой механики: тепловое излучение и квантово-оптические явления; корпускулярно-волновой дуализм. Элементы физики твёрдого тела, и квантовой статистики. Физика атомного ядра и элементарных частиц.

## Раздел 7. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

### I. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ

#### Тема 1.1. Введение.

Предмет физики. Связь физики с другими науками. Роль физики в развитии техники. Физика и математика. Пространство и время – фундаментальные физические понятия. Физические величины и единицы их измерения. Система единиц СИ. Эталоны длины и времени. Литература [1, Введение].

#### Тема 1.2. Кинематика.

Система отсчета. Модели физических объектов: материальная точка (МТ), абсолютно твердое тело. Радиус-вектор материальной точки. Закон движения материальной точки. Траектория. Скорость и ускорение. Криволинейное движение. Нормальное и тангенциальное ускорения. Элементы кинематики вращательного движения. Угловая скорость. Угловое ускорение. Связь линейных и угловых кинематических характеристик. Литература [1, гл.1, §§1-4].

**Основные понятия и центральные вопросы темы:** система отсчёта; уравнение движения МТ; скорость и ускорение МТ; полное, нормальное и тангенциальное ускорения; угловая скорость и угловое ускорение.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Дайте определение системы отсчета.
2. Что определяет радиус-вектор МТ и как он связан с её координатами?
3. Что характеризуют скорость и ускорение?
4. Какие кинематические величины характеризуют вращательное движение?
5. Как связаны линейные и угловые кинематические характеристики движения?

#### Тема 1.3. Динамика.

Инерциальные системы отсчета. Сила, инертность. Законы Ньютона. Импульс тела. Изменение импульса со временем. Центр масс системы материальных точек. Скорость и ускорение центра масс. Закон сохранения импульса. Силы в механике. Закон всемирного тяготения. Силы упругости. Силы трения. Литература [1, гл. 2, §§5-9, гл.5, §§19, 22].

**Основные понятия:** сила, инертность, масса, движение по инерции, импульс.

**Центральные вопросы темы:** законы Ньютона; инерциальные системы отсчёта (ИСО); импульс тела; центр масс системы МТ; закон сохранения импульса; силы в механике; закон всемирного тяготения.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Сформулируйте законы Ньютона.
2. Дайте определение импульса тела.
3. Сформулируйте закон сохранения импульса.
4. В каких случаях импульс в открытой системе может сохраняться?
5. Назовите виды сил в механике
6. Какие силы называют фундаментальными? Модельными? Приведите примеры.

**Тема 1.4. Работа и энергия.**

Работа силы. Мощность. Консервативные силы. Потенциальная и кинетическая энергия. Закон сохранения полной механической энергии (ПМЭ). Изменение ПМЭ открытой системы. Соударение абсолютно упругих и неупругих тел. Поле потенциальных сил. Центральные силы. Связь между потенциальной энергией и силой. Принцип суперпозиции полей. Литература [1, гл. 3, §§10-13, гл. 5, §§20, 21].

**Основные понятия:** работа, консервативная сила; потенциальная, кинетическая, полная механическая энергия тел.

**Центральные вопросы темы:** работа силы; мощность; закон сохранения ПМЭ; связь между изменением потенциальной энергии и силой.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Дайте определение мощности силы. Как изменяется мощность силы тяжести при свободном падении тела с высоты (увеличивается, уменьшается, постоянна)?
2. На вращающемся диске удерживается силой трения шайба. Совершает ли сила трения в этом случае работу?
3. Сформулируйте закон сохранения полной механической энергии.
4. Дайте определение потенциальной и кинетической энергии.
5. Чем полная механическая энергия отличается от полной энергии системы?
6. Чему равно изменение ПМЭ в системе, в которой действует сила трения?

**Тема 1.5. Основы специальной теории относительности.**

Принцип относительности в механике. Преобразования Галилея. Закон сложения скоростей в классической механике. Постулаты специальной теории

относительности (СТО) (постулаты Эйнштейна). Относительность одновременности. Преобразования Лоренца. Следствия из преобразований Лоренца. Относительность расстояний. Относительность промежутков времени. Релятивистский закон сложения скоростей.

Основной закон релятивистской динамики материальной точки. Масса и импульс тела в релятивистской динамике. Релятивистская (полная) энергия. Закон взаимосвязи массы и энергии. Энергия покоя. Кинетическая энергия в теории относительности. Литература [1, гл. 7, §§27-33, гл. 7, §§34-35].

**Основные понятия:** релятивистская масса и импульс; энергия покоя.

**Центральные вопросы темы:** принцип относительности в механике; постулаты Пуанкаре-Эйнштейна; преобразования Галилея; закон сложения скоростей в классической механике; преобразования Лоренца; относительность расстояний и промежутков времени; релятивистский закон сложения скоростей; масса и импульс тел в релятивистской механике; релятивистская энергия (полная).

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Сформулируйте постулаты СТО.
2. В чём заключается принцип относительности в механике?
3. Запишите закон сложения скоростей в классической механике.
4. Запишите закон сложения скоростей в релятивистской механике.
5. Как связаны масса и энергия тел в релятивистской механике?

### **Тема 1.6. Механика твердого тела.**

Момент силы. Момент импульса материальной точки. Закон сохранения момента импульса системы частиц. Момент инерции материальной точки и момент инерции абсолютно твердого тела относительно заданной оси. Теорема Штейнера. Основное уравнение динамики вращательного движения абсолютно твердого тела. Момент импульса твердого тела. Кинетическая энергия вращающегося тела. Работа и мощность внешних сил при вращении твердого тела. Литература [1, гл.4, §§14-18].

**Основные понятия:** момент импульса; момент силы; момент инерции; поступательное и вращательное движение.

**Центральные вопросы темы:** теорема Штейнера; основное уравнение динамики вращательного движения; кинетическая энергия вращательного движения; закон сохранения момента импульса.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Дайте определение момента импульса частицы.
2. Какую величину называем моментом силы? Что такое плечо силы?

3. Запишите формулы для расчета момента инерции системы материальных точек и тела с непрерывно распределенной массой.

4. Какая величина является мерой инертности тела при поступательном движении? При вращательном?

5. Найдите с помощью теоремы Штейнера момент инерции диска массы  $m$  и радиуса  $R$  относительно оси, перпендикулярной плоскости диска и проходящей через точку на его ободе.

6. Найдите момент инерции тела, вращающегося с угловым ускорением  $\beta$  под действием силы  $F$ . Кратчайшее расстояние от линии действия силы до оси вращения –  $d$ .

### **Тема 1.7. Элементы механики жидкостей и газов.**

Модель сплошной среды. Давление в неподвижных жидкостях и газах. Гидростатическое давление. Кинематика стационарного движения сплошной среды. Линии тока. Уравнение неразрывности. Уравнение Бернулли и следствия из него. Измерение статического и динамического давления. Подъёмная сила крыла. Гидродинамика вязкой жидкости. Ламинарное и турбулентное течения. Формула Ньютона для силы трения между слоями жидкости. Число Рейнольдса. Литература [1, гл. 6, §§23-26].

**Основные понятия:** линии тока и трубка тока; ламинарное и турбулентные течения; статическое, гидростатическое и динамическое давление.

**Центральные вопросы темы:** распределение давление в жидкости и газе; уравнение неразрывности; уравнение Бернулли; формула Ньютона для силы трения между слоями жидкости; число Рейнольдса.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Какие величины характеризуют давление в жидкости и газе?
2. В каких случаях траектории частиц и линии тока совпадают?
3. Запишите уравнение Бернулли.
4. За счёт чего возникает подъёмная сила крыла?
5. Как с помощью трубки Пито измеряется скорость полёта воздушного судна?
6. Какое течение называется ламинарным?
7. Что характеризует число Рейнольдса?

### **Тема 1.8. Механические колебания.**

Колебательное движение. Частота циклическая (круговая). Гармонические колебания. Амплитуда и фаза колебаний. Период колебаний. Свободные колебания на примере пружинного маятника. Частота и циклическая частота. Математический и физический маятники. Энергия

гармонических колебаний. Затухающие колебания. Время релаксации. Логарифмический декремент затухания. Вынужденные колебания. Резонанс. Сложение колебаний одного направления. Биения. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний. Литература [1, гл.16, §§126-129, 131, 134, 135, 137].

**Основные понятия:** гармонические колебания; амплитуда; фаза; частота; представление колебания в виде вектора.

**Центральные вопросы темы:** свободные колебания; энергия гармонических колебаний; затухающие колебания; вынужденные колебания; сложение колебаний.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Запишите уравнение и закон движения для математического, физического и пружинного маятников.

2. Найдите амплитудное значение скорости при гармонических колебаниях пружинного маятника (масса груза –  $m$ , жесткость пружины –  $k$ ), если амплитуда колебаний (т.е. изменений координаты тела) –  $A$ .

3. Во сколько раз изменяется амплитуда затухающих колебаний за время релаксации?

4. Изобразите в виде векторов на координатной плоскости следующие колебания одного направления:  $A_1=2\cos(\omega t-\pi/2)$ ,  $A_2=4\cos(\omega t+\pi/2)$ .

Найдите амплитуду результирующего колебания.

## II. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

### Тема 2.1. Основные положения молекулярно-кинетической теории (МКТ) идеальных газов.

Статистический и термодинамический методы исследования макроскопических явлений. Количество вещества. Молярная масса. Силы и энергия межмолекулярного взаимодействия. Агрегатные состояния вещества. Модель идеального газа. Параметры состояния идеального газа. Тепловое равновесие. Изолированная термодинамическая система. Уравнение состояния идеального газа. Изопроецессы. Основное уравнение МКТ идеальных газов. Давление газа с точки зрения МКТ. Термодинамическая температура. Литература [1, гл. 8, §§36-40].

**Основные понятия:** идеальный газ; макропараметры и микропараметры системы; моль вещества и молярная масса.

**Центральные вопросы темы:** статистический и термодинамический методы исследования макроскопических явлений (систем, состоящих из большого числа частиц); агрегатные состояния вещества; уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона).

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Что такое один моль вещества? Что такое число Авогадро?
2. Является ли изолированной системой газ в воздушном шаре? В термостате? В железном баллоне?
3. В термостате находится сосуд, внутри которого имеется подвижный поршень, способный свободно перемещаться в горизонтальном направлении. Слева от поршня находится моль азота, справа – моль водорода. Каким будет соотношение объемов при равновесии?
4. Изменится ли масса воздуха в комнате, если выключить отопление?
5. Почему медицинские банки присасываются к телу? Постройте диаграмму процесса в координатах  $(p, V)$ .

**Тема 2.2. Основы термодинамики.**

Термодинамическая система. Внутренняя энергия. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы. Работа и теплота как формы передачи энергии. Первое начало термодинамики. Применение первого начала к изопроцессам. Теплоемкость. Теплоемкости газа при постоянном объеме и постоянном давлении, соотношение Майера. Адиабатический процесс. Уравнение Пуассона. Показатель адиабаты. Литература [1, гл. 9, §§46-49].

Циклы. Обратимые и необратимые процессы. КПД цикла. Цикл Карно и его КПД. Второе начало термодинамики. Энтропия и теплота. Закон возрастания энтропии. Вероятности микросостояний. Статистическое толкование второго начала термодинамики. Литература [1, гл. 9, §§50-54].

**Основные понятия:** теплоемкость; теплота; энтропия; внутренняя энергия газа; работа газа.

**Центральные вопросы темы:** внутренняя энергия; теплота как форма изменения энергии; первый закон термодинамики; теплоемкость; адиабатический процесс; циклические процессы; КПД цикла; закон возрастания энтропии.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Каким образом можно передать системе (отнять у системы) некоторое количество теплоты?
2. В каком случае работа системы положительна? Отрицательна?
3. Изобразите графики адиабатического и изотермического процессов в координатах  $(p, V)$  – давление, объем? При каком из этих процессов при расширении от  $p_1$  до  $p_2$  совершается большая работа?
4. Какой термодинамический параметр остается постоянным при адиабатическом процессе?
5. Каков физический смысл энтропии.
6. Сформулируйте законы термодинамики.

7. Как определяется КПД цикла?
8. Одинаковы ли теплоемкости газа при изобарическом и изохорическом процессах? Поясните ответ с помощью первого начала термодинамики/
9. Запишите уравнение Майера.

### **Тема 2.3. Распределения Максвелла и Больцмана.**

Распределение Максвелла молекул по модулю скорости. Наиболее вероятная, средняя и средняя квадратичная скорости молекул газа. Барометрическая формула. Распределение Больцмана. Литература [1, гл. 8, §§41-43].

**Основные понятия:** функция распределения случайной величины; наиболее вероятная, средняя и средняя квадратичная скорости молекул газа; диффузия; вязкость.

**Центральные вопросы темы:** тепловое равновесие; распределение Максвелла молекул по скоростям; барометрическая формула; распределение Больцмана.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Какие процессы называются равновесными?
2. Сформулируйте основные положения модели идеального газа.
3. Запишите формулу наиболее вероятной скорости молекул.
4. Запишите барометрическую формулу. Как известно, до 106 км атмосфера Земли хорошо перемешана и одинакова по составу, а выше начинается «разделение газов». Объясните, почему в верхней атмосфере (выше 106 км) доля водорода и гелия в составе атмосферного воздуха возрастает.
5. В каком воздухе: теплом или холодном давлении в свободной атмосфере более высокое (считать, что у Земли давление одинаково)?

### **Тема 2.4. Понятие о физической кинетике.**

Явления переноса в газах. Эффективный диаметр молекул. Среднее число столкновений и средняя длина свободного пробега молекул газа. Уравнения диффузии, вязкости и теплопроводности. Закон внутреннего трения. Литература [1, гл.8, §§44-45].

**Основные понятия:** длина свободного пробега молекул газа; диффузия; теплопроводность.

**Центральные вопросы темы:** явления переноса и их уравнения: вязкость, диффузия, теплопроводность; общее уравнение переноса.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. При каких условиях возникают процессы переноса? Каков их молекулярный механизм?

2. Каков конечный результат протекания процессов переноса в изолированной системе?
3. Как меняется энтропия изолированной системы при протекании в ней процессов переноса?
4. От чего зависит скорость протекания процессов переноса?
5. Опишите процесс теплопроводности с точки зрения МКТ.
6. Газ адиабатически расширился вдвое. Какая из величин изменится сильнее в этом процессе: коэффициент диффузии или теплопроводности?

### **Тема 2.5. Реальные газы, жидкости и твердые тела.**

Отступления от законов идеальных газов. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы реального газа. Критическая точка. Область двухфазного состояния. Фазовые переходы.

Внутренняя энергия реального газа. Свойства жидкостей. Твердые тела. Аморфное и кристаллическое состояния. Дефекты в кристаллах. Литература [1, гл. 10, §§55-58, 61, 62].

**Основные понятия:** кристаллическая решетка, постоянные решетки кристалла, критическая точка, фазовый переход, насыщенный пар, диаграмма состояний, равновесие фаз.

**Центральные вопросы темы:** реальные газы; уравнение Ван-дер-Ваальса; жидкости и их свойства; кристаллы и их свойства; тепловые свойства твердых тел.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Запишите уравнения состояния идеального и реального газов.
2. Начертите график зависимости потенциальной энергии взаимодействия молекул от расстояния между ними.
3. Как зависит температура кипения от атмосферного давления?
4. Чем определяется значение скрытой теплоты испарения для данного вещества?
5. Постройте семейство изотерм Ван-Дер-Ваальса в координатах  $(p, V)$ , сравните с соответствующими кривыми идеального газа.
6. Как безопасно вынуть притертую стеклянную пробку из бутылки, если ее «заело»?
7. Какие виды дефектов возникают в кристаллах?

## **III. ЭЛЕКТРОСТАТИКА. ПОСТОЯННЫЙ ТОК**

### **Тема 3.1. Электростатическое поле.**

Электромагнитное взаимодействие, его роль в природе и технике. Электрический заряд и его свойства. Закон сохранения заряда. Закон Кулона.

Электростатическое поле, напряженность, принцип суперпозиции. Поле диполя. Поток вектора напряженности. Теорема Гаусса для электрического поля в вакууме. Применение теоремы Гаусса к расчету электростатических полей. Работа сил электростатического поля. Потенциал электростатического поля. Эквипотенциальные поверхности. Связь напряженности и потенциала. Литература [1, гл.11, §§66-74].

**Основные понятия:** заряды; электростатическое поле; эквипотенциальные поверхности и силовые линии электрического поля; напряженность электрического поля; поток вектора через поверхность.

**Центральные вопросы темы:** свойства электрического заряда; напряженность электрического поля; принцип суперпозиции полей; потенциал электрического поля; теорема Гаусса для электростатического поля.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Изобразите с помощью линий напряженности и эквипотенциальных поверхностей электрическое поле положительного точечного заряда.
2. Дайте определение напряженности электрического поля.
3. Дайте определение потенциала электрического поля. Какова связь напряженности и потенциала электрического поля?
4. Если напряженность  $E$  в некоторой точке равна нулю, то значит ли это, что в ней равен нулю потенциал?
5. Могут ли линии напряженности электростатического поля пересекаться, соприкасаться, быть замкнутыми?
6. Что такое «поток вектора через заданную поверхность»?
7. Сформулируйте теорему Гаусса для электрического поля.
8. Получите с помощью теоремы Гаусса выражение для напряженности электрического поля длинной равномерно заряженной нити (линейная плотность заряда  $\tau$ ) в функции от расстояния от нити  $r$ .

**Тема 3.2. Электростатическое поле в веществе.**

Электрическое поле в диэлектриках. Понятие о диполе. Полярные и неполярные молекулы. Поляризация диэлектриков. Вектор поляризации диэлектрика. Поле внутри диэлектрика, вектор электрического смещения. Теорема Гаусса для электростатического поля в диэлектрике. Сегнетоэлектрики. Пьезоэлектрический эффект. Литература [1, гл.12, §§75-80].

Проводники во внешнем электростатическом поле. Поле внутри проводника и у его поверхности. Емкость проводников. Конденсаторы. Энергия взаимодействия системы зарядов, проводника и конденсатора. Энергия электростатического поля и ее объемная плотность. Литература [1, гл.11, §§81-85].

**Основные понятия:** поляризация диэлектрика; петля гистерезиса; коэрцитивная сила; емкость проводников.

**Центральные вопросы темы:** поляризация диэлектрика; вектор поляризации; вектор электрического смещения; пьезоэлектрики; поле внутри и у поверхности проводника; электроёмкость проводников; энергия электростатического поля.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Какие виды поляризации диэлектрика по механизму появления Вы знаете?
2. Что такое поляризуемость диэлектрика? Зависит ли она от внешнего электрического поля? А поляризация?
3. Как определяется электроёмкость проводника?
4. Запишите формулу, определяющую энергию заряженного проводника.

**Тема 3.3. Постоянный электрический ток.**

Электрический ток и его характеристики. Плотность тока. Классическая теория электропроводности металлов. Закон Ома в дифференциальной форме. Закон Ома для участка цепи. Электродвижущая сила. Закон Ома для полной цепи. Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля-Ленца. Литература [1, гл. 13, §§86-92].

**Основные понятия:** электрический ток; сила и плотность тока; электродвижущая сила.

**Центральные вопросы темы:** электрический ток; электродвижущая сила; закон Ома; мощность тока; закон Джоуля-Ленца.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Найдите заряд, протекающий через сечение  $S$  проводника за  $n$  секунд, если плотность тока –  $j$ .
2. Дайте определение электродвижущей силы.
3. Запишите закон Ома для неоднородного участка цепи.
4. Запишите закон Джоуля-Ленца. Что он определяет?
5. Электрический ток входит в некоторую точку сплошного медного шара и выходит из диаметрально противоположной точки. Одинаковое ли количество теплоты выделяется в разных частях шара?

## IV. ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

**Тема 4.1. Магнитное поле в вакууме.**

Понятие о магнитном поле. Магнитное взаимодействие токов. Вектор магнитной индукции. Сила Лоренца. Сила Ампера. Эффект Холла. Напряженность магнитного поля. Закон Био-Савара-Лапласа. Магнитное поле прямолинейного проводника с током. Поле витка с током. Магнитный момент контура с током. Контур с током в магнитном поле. Литература [1, гл.14, §§105-110].

Циркуляция вектора напряженности магнитного поля. Закон полного тока. Магнитное поле соленоида. Литература [1, гл.14, §§111-114].

**Основные понятия:** вектор магнитной индукции; циркуляция вектора по контуру.

**Центральные вопросы темы:** вектор магнитной индукции; закон Ампера; сила Лоренца; закон Био-Савара-Лапласа; закон полного тока.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Запишите формулу для силы Ампера. Каково ее направление?
2. Какие траектории движения заряда в магнитном поле возможны? Рассмотрите случаи, когда скорость движения заряда составляет углы  $0^\circ$ ,  $90^\circ$  и  $45^\circ$  к вектору магнитной индукции  $B$ .
3. Сформулируйте закон полного тока.
4. Какие способы нахождения магнитной индукции  $B$  (по известным токам) Вы знаете?

**Тема 4.2. Электромагнитная индукция. Магнитные свойства вещества.**

Явление электромагнитной индукции. Поток вектора магнитной индукции. Закон Фарадея. Самоиндукция. Индуктивность контура. Токи при замыкании и размыкании цепи. Энергия магнитного поля. Токи Фуко и их использование. Литература [1, гл.14, §§117-121].

Магнитные моменты атомов и молекул. Магнитные свойства вещества. Магнитная проницаемость вещества. Парамагнетизм, диамагнетизм. Напряженность магнитного поля. Ферромагнетизм. Домены. Петля гистерезиса. Литература [1, гл.14, §122].

**Основные понятия:** магнитный момент; парамагнетизм; диамагнетизм; ферромагнетизм.

**Центральные вопросы темы:** закон электромагнитной индукции Фарадея; индуктивность; токи Фуко; ферромагнетики.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. В чем состоит явление электромагнитной индукции?
2. Каков физический механизм возникновения электромагнитной индукции?
3. Что нужно сделать с проводящим контуром в магнитном поле, чтобы в нем появился индукционный ток? Предложите разные варианты.
4. Что характеризует индуктивность контура? Назовите единицы измерения индуктивности.
5. Какое влияние оказывают токи Фуко на движение проводящих тел в магнитном поле?
6. Как работают индукционные печи?

### **Тема 4.3. Основы теории Максвелла.**

Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Система уравнений Максвелла и их физический смысл. Литература [1, гл.15, §§123-125].

**Основные понятия:** вихревое электрическое поле; ток смещения.

**Центральные вопросы темы:** уравнения Максвелла в интегральном виде, их физический смысл; следствия из них.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Какие источники электрического поля Вы знаете (вихревого и потенциального)?
2. Поясните физический смысл каждого из уравнений Максвелла.
3. Какое из уравнений Максвелла указывает на происхождение (источники) электрического поля? Магнитного?
4. Какие уравнения указывают на вихревой характер магнитного поля?

### **Тема 4.4. Электромагнитные колебания.**

Колебательный контур. Свободные электромагнитные колебания. Формула Томсона. Превращение энергии в колебательном контуре. Затухающие колебания. Добротность контура. Вынужденные электромагнитные колебания. Резонанс. Литература [1, гл.16, §§130, 132, 136, 138].

**Основные понятия:** колебательный контур; добротность; резонанс.

**Центральные вопросы темы:** уравнение и закон движения при гармонических и затухающих колебаниях; затухающие колебания; резонанс и резонансная кривая.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Нарисуйте схему колебательного контура, в котором могут происходить свободные незатухающие колебания.
2. Нарисуйте схему колебательного контура, в котором могут происходить затухающие колебания; вынужденные колебания.
3. В каком случае в колебательном контуре наблюдается резонанс?
4. Как связаны добротность контура и логарифмический декремент затухания?
5. Как изменится период свободных колебаний в контуре при увеличении индуктивности в 4 раза?

## V. ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

### Тема 5.1. Волновые процессы.

Волновые процессы. Волновое уравнение. Уравнение плоской бегущей волны. Волновое число, фазовая скорость. Связь векторов  $\mathbf{B}$  и  $\mathbf{E}$  в электромагнитной волне (ЭМВ). Энергия ЭМВ. Вектор Пойнтинга. Излучение диполя. Шкала ЭМВ. Световая волна. Световой вектор. Интенсивность света. Литература [1, гл.17, §§139-141, 145, 147].

**Основные понятия:** электромагнитная волна; волновой вектор; круговая частота; фаза; фазовая поверхность и фазовая скорость волны; вектор Пойнтинга.

**Центральные вопросы темы:** уравнение бегущей волны; объемная плотность энергии электромагнитных волн; получение и свойства ЭМВ разных спектральных диапазонов.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Как связаны длина волны и период соответствующих колебаний?
2. Как изменится энергия ЭМВ при увеличении амплитуды колебаний напряженности  $E$  вдвое?
3. Что такое электромагнитная волна? Ответ поясните чертежом.
4. Как связаны амплитуды колебаний векторов напряженности электрического поля и магнитной индукции в ЭМВ?

### Тема 5.2. Интерференция света.

Развитие представлений о природе света. Условие когерентности волн. Интерференция света. Расчет интерференции световых волн от двух когерентных источников. Интерференция в тонких пленках. Просветление оптики. Литература [1, гл.18, §§148-153, 155].

**Основные понятия:** когерентные волны; интерференция.

**Центральные вопросы темы:** интерференционная картина; способы получения когерентных источников; условия максимума и минимума интерференции.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Какие модели света Вы знаете?
2. Дайте определение когерентных источников.
3. Какие условия необходимы для получения устойчивой интерференционной картины?
4. Как интерференция используется в технике?

### Тема 5.3. Дифракция света.

Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Дифракция от простейших преград (малого круглого отверстия и диска). Дифракция Фраунгофера от щели. Дифракционная решетка. Дифракция на пространственной решетке. Литература [1, гл.19, §§156-161].

**Основные понятия:** волновой фронт; зоны Френеля.

**Центральные вопросы темы:** принцип Гюйгенса-Френеля; дифракция; метод зон Френеля; дифракционная решетка, ее применение.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Сформулируйте принцип Гюйгенса-Френеля.
2. Какова разность хода лучей от краев (границ)  $n$ -й зоны Френеля?
3. Что увидим в точке на экране (минимум или максимум), если для нее открыты первые три зоны Френеля? Вторая и третья зоны?
4. Что такое дифракционная решетка? Для чего ее используют?
5. Какой максимальный порядок спектра можно наблюдать с помощью дифракционной решетки с периодом  $d$  для света с длиной волны  $\lambda$ ?
6. В чем особенности дифракции Френеля и дифракции Фраунгофера?

### Тема 5.4. Поляризация света. Взаимодействие электромагнитных волн с веществом.

Естественный и поляризованный свет. Закон Малюса. Поляризация света при отражении и преломлении на границе двух диэлектриков. Двойное лучепреломление. Поляризационные призмы и поляроиды. Оптически активные вещества. Вращение плоскости поляризации. Эффект Керра. Литература [1, гл.20, §§162-167].

Дисперсия волн. Электронная теория дисперсии света. Показатель преломления. Нормальная и аномальная дисперсия. Поглощение света. Закон Бугера. Фазовая и групповая скорости. Эффект Доплера. Литература [1, гл.21, §§168-171].

**Основные понятия:** линейно-поляризованный свет; угол Брюстера; дисперсия.

**Центральные вопросы темы:** поляризованный свет, способы его получения; закон Малюса; поляризаторы; дисперсия ЭМВ; эффект Доплера.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Какой свет называют поляризованным?
2. Какие виды поляризации света Вы знаете?
3. Какие способы получения линейно поляризованного света Вы знаете?
4. Как изменится интенсивность волны за поляризатором, если повернуть его из положения максимума пропускания на угол  $60^\circ$ ?

5. Приведите примеры применения эффекта Доплера?
6. Что такое дисперсия ЭМВ?
7. Для какого света: красного или синего – больше показатель преломления в непоглощающей среде?

## **VI. ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ**

### **Тема 6.1. Тепловое излучение и квантово-оптические явления.**

Противоречия классической физики. Тепловое излучение и его характеристики. Закон Стефана-Больцмана и законы Вина. Квантовая гипотеза Планка. Оптическая пирометрия. Литература [1, гл.22, §§172, 174-176].

Внешний фотоэффект. Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта. Фотоны. Эффект Комптона. Давление света. Корпускулярно-волновой дуализм излучения. Литература [1, гл.23, §§172, 177-184].

**Основные понятия:** фотоны; тепловое равновесное излучение.

**Центральные вопросы темы:** закон Стефана-Больцмана и законы Вина; внешний фотоэффект; дуализм свойств света.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. В каких явлениях проявляются квантовые свойства света? Волновые?
2. В каких опытах микрочастицы проявляют волновые свойства?
3. Запишите формулу для энергии и импульса фотона.
4. Какие звезды имеют более высокую температуру поверхности: те, которые нам кажутся голубоватыми или желтыми? Ответ обоснуйте.
5. Опишите принцип работы фотоэлементов. Где они используются?
6. Может ли рассеяние фотона на свободном электроне привести к увеличению частоты фотона?

### **Тема 6.2. Теория атома водорода по Бору.**

Модели атома Томсона и Резерфорда. Проблема стабильности атома. Постулаты Бора. Спектр атома водорода. Литература [1, гл.24, §§185-187].

**Основные понятия:** спектр излучения (поглощения) атома; энергетические состояния электронов в атоме.

**Центральные вопросы темы:** модели атома; постулаты Бора; формула Бальмера для спектра атома водорода.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Сформулируйте постулаты Бора.
2. В результате какого процесса атом поглощает (излучает) квант света?
3. Что такое спектр атома? Какие спектральные серии атома водорода Вы знаете?

4. В результате каких переходов электрона образуются серии Лаймана и Бальмера в спектре излучения атома водорода?

5. Нарисуйте в масштабе систему энергетических уровней атома водорода, изобразите стрелками переходы с испусканием и поглощением фотона. Какие переходы соответствуют одной и той же спектральной линии?

### **Тема 6.3. Элементы квантовой механики.**

Волновые свойства микрочастиц. Гипотеза де Бройля. Опыты Дэвиссона и Джермера по дифракции электронов. Границы применимости классической механики при описании движения микрообъектов. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Литература [1, гл.25, §§188-190].

Уравнение Шредингера. Волновая функция и ее статистический смысл. Вероятность местоположения микрочастиц. Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме. Квантование энергии. Задание состояния микрочастицы. Литература [1, гл.25, §§191-193].

Линейный гармонический осциллятор. Уровни энергии и основное состояние гармонического осциллятора. Нулевая энергия осциллятора. Прохождение частицы сквозь потенциальный барьер. Туннельный эффект. Литература [1, гл.25, §§195, 196].

**Основные понятия:** корпускулярно-волновой дуализм; волновая функция.

**Центральные вопросы темы:** уравнение Шредингера – основное уравнение квантовой механики; физический смысл волновой функции; соотношение неопределенностей Гейзенберга; туннельный эффект.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Можно ли применять законы динамики Ньютона при описании микрообъектов (например: а) электрон в атоме; б) свободный электрон)?

2. В чем состоит смысл понятия корпускулярно-волновой дуализм? Приведите примеры.

3. Рассчитайте длину волны де Бройля электрона, прошедшего разность потенциалов 10 В. Поясните результат.

4. Рассчитайте длину волны де Бройля человека массой 60 кг, бегущего со скоростью 5 км/ч. Поясните результат.

5. В некоторой области пространства значение волновой функции, описывающей состояние микрочастицы, а) равно нулю; б) принимает минимальное отрицательное значение; в) максимальное положительное значение. Что можно сказать о вероятности обнаружения частицы в этой области?

6. В чем состоит туннельный эффект? Приведите примеры его проявления.

7. Какую информацию о состоянии микрочастицы позволяет получить уравнение Шредингера?

8. Каков смысл соотношения неопределенности Гейзенберга?

#### **Тема 6.4. Физика атомов.**

Атом водорода в квантовой механике. Энергетические уровни. Квантовые числа. Спин электрона. Фермионы и бозоны. Принцип Паули. Распределение электронов в атоме по состояниям и периодическая система элементов Д.И. Менделеева.

Понятие о квантовых генераторах. Спонтанное и вынужденное (индуцированное) излучение. Принцип детального равновесия. Инверсное состояние вещества. Накачка. Рубиновый лазер. Литература [1, гл.25, §§197-199, 201].

**Основные понятия:** спин микрочастицы; фермионы и бозоны.

**Центральные вопросы темы:** строение атома; квантовые числа, их физический смысл; принцип Паули; правила отбора при переходах электронов в атомах.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Что определяет главное квантовое число в атоме водорода? Какие значения оно может принимать.

2. Что определяют орбитальное и магнитное квантовые числа? Какие значения они могут принимать?

3. Какие частицы называют фермионами?

4. Сформулируйте принцип Паули. Для каких частиц (фермионов или бозонов) он применим?

5. Сколько состояний электрона в атоме водорода соответствует значению главного квантового числа  $n=3$ ?

#### **Тема 6.5. Элементы физики твердого тела и квантовой статистики.**

Кристаллическая решетка. Характер теплового движения в кристаллах. Тепловые свойства твердых тел. Закон Дюлонга-Пти. Понятие о фононах и модели Дебая.

Вырожденный электронный газ в металлах. Энергия Ферми. Теплоемкость и теплопроводность металлов. Электрическая проводимость металлов. Работа выхода электронов из металлов. Контактная разность потенциалов. Термоэлектрические явления. Термоэлектронная эмиссия. Литература [1, гл. 13, §§94-96, гл.29, §§221-224].

Элементы зонной теории твердых тел. Энергетические уровни в атоме и энергетические зоны в кристалле. Разрешенные и запрещенные энергетические

зоны. Проводники и диэлектрики. Полупроводники. Собственная и примесная проводимость полупроводника. Внутренний фотоэффект. Фотопроводимость полупроводников. Сверхпроводимость. Литература [1, гл. 13, §§102, 103, гл.28, §§216-218, 220].

**Основные понятия:** зона проводимости; запрещенная зона; энергия Ферми.

**Центральные вопросы темы:** основы зонной теории твердых тел; термоэмиссия; теплоемкость и теплопроводность металлов; проводимость полупроводников; контактные явления.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Что такое валентная зона, свободная зона, запрещенная зона?
2. В чем различие расположения электронов по энергетическим зонам в атомах проводников, диэлектриков, полупроводников?
3. Какие носители зарядов обеспечивают проводимость полупроводников?
4. Как зависит проводимость полупроводников от температуры? А проводников (металлов)?
5. Объясните физический механизм этой зависимости.
6. В чем состоит явление термоэлектронной эмиссии. Где оно применяется?
7. Что такое энергия Ферми?

**Тема 6.6. Физика атомного ядра и элементарных частиц.**

Состав и свойства ядер. Размер ядра, дефект массы, энергия связи ядра. Ядерные силы. Естественная радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Альфа-распад. Бета-распад. Гамма-излучение. Литература [1, гл.26, §§202, 203, 205-207, 209].

Ядерные реакции, элементарные частицы. Ядерная реакция деления тяжелых ядер. Цепная реакция. Ядерные реакторы. Реакция синтеза (термоядерная реакция). Энергия звезд.

Элементарные частицы и их классификация. Типы взаимодействия частиц. Квантовые числа элементарных частиц. Кварки. Квантовые числа кварков. Цвет.

Космическое излучение и радиационные пояса Земли. Физическая картина мира. Литература [1, гл.27, §§210, 212-215].

**Основные понятия:** дефект массы; радиоактивность; ядерные силы; кварки.

**Центральные вопросы темы:** строение атомного ядра; Энергия связи ядра и дефект массы; закон радиоактивного распада.

**Вопросы для самоконтроля:**

- 1.Опишите состав атомного ядра. Что такое нуклон?
- 2.Каков характерный размер атома? Атомного ядра?
- 3.Что такое зарядовое число ядра, и чему оно равно?
- 4.Что определяет порядковый номер химического элемента в таблице Менделеева?
- 5.Что такое изотопы?

## Раздел 8. ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

### Темы контрольных работ (КР)

#### для направления 162300\_3 (М) и специальности 162107\_3 (РС)

КР 1. Физические основы механики *(выполняется в 1 семестре)*.

КР 2. Молекулярная физика и термодинамика *(выполняется во 2 семестре)*.

КР 3. Электростатика и постоянный ток *(выполняется во 2 семестре)*.

КР 4. Электромагнетизм *(выполняется в 3 семестре)*.

КР 5. Волновая оптика *(выполняется в 3 семестре)*.

КР 6. Основы квантовой механики *(выполняется в 3 семестре)*.

#### Темы контрольных работ для направления 162500\_3 (АК)

КР 1. Физические основы механики. Молекулярная физика и термодинамика *(выполняется в 1 семестре)*.

КР 2. Электростатика и постоянный ток. Электромагнетизм *(выполняется во 2 семестре)*.

КР 3. Волновая оптика. Основы квантовой механики *(выполняется в 3 семестре)*.

(Перечень и текст задач для каждой контрольной работы по вариантам см. в «Методическом пособии по решению задач по дисциплине «Физика» для студентов заочного отделения». Часть 1-6).

### Темы лабораторных работ для направления 162300\_3 (М) и специальности 162107\_3 (РС) \*

#### 1 семестр:

1. Исследование кинематических характеристик поступательного движения (М-3, М-4) – 4 часа.

2. Изучение вращательного движения твердого тела (М-8, М-9, М-11, М-12, М-13) – 4 часа.

#### 2 семестр:

1. Электростатика, постоянный ток (ЭМ-1, ЭМ-2) – 4 часа.

2. Термодинамика и статистическая физика (К 4-2; К4-3) – 4 часа.

**3 семестр:**

1. Электромагнитные волны (В-4, В-5, К2-4).
2. Элементы квантовой механики (К 3-1, К3-2, К 3-3).

**Темы лабораторных работ для направления 162500\_3 (АК)\*****1 семестр:**

1. Изучение вращательного движения твердого тела (М-8, М-9, М-11, М-12, М-13) – 4 часа.
2. Термодинамика и статистическая физика (К 4-2; К4-3) – 4 часа.

**2 семестр:**

1. Электростатика, постоянный ток (ЭМ-1, ЭМ-2) – 4 часа.
2. Электромагнетизм (ЭМ-3, ЭМ-4).

**3 семестр:**

1. Электромагнитные волны (В-4, В-5, К2-4).
2. Элементы квантовой механики (К 3-1, К3-2, К 3-3).

*\* в рамках тем наименования работ могут меняться в зависимости от конкретных условий (загруженность лаборатории, техническое состояние установок и пр.); описания лабораторных работ можно скачать на сайте университета в разделе «Электронная библиотека», либо взять в лаборатории кафедры физики на время проведения занятий.*