

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра общей и прикладной физики

**Методические указания  
к самостоятельной работе студентов**

По дисциплине: «Физика»

для направления подготовки (специальности): 08.03.01 Строительство

направленность (профиль): "Автомобильные дороги"

Форма обучения: очная, заочная

Мурманск  
2021

Составитель – Ботова М.Г., старший преподаватель кафедры общей и прикладной физики

Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании кафедры-разработчика общей и прикладной физики



## Оглавление

Общие организационно-методические указания	4
Тематический план	6
Содержание и методические указания к изучению тем дисциплины	9
Список рекомендуемой литературы	21

## 1. ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Целью дисциплины «Физика» является - формирование компетенций, необходимых для понимания сущности основных физических явлений, законов, величин и их функциональных взаимосвязей, формирование профессиональных знаний для участия в научно-исследовательских разработках по профилю подготовки.

Задачи:

- изучить фундаментальные понятия, законы и теории современной физики;
- изучить методы физических исследований;
- изучить физические законы, и я используемые в профессиональной деятельности.

Процесс изучения физики состоит из следующих этапов:

- 1) проработка лекций;
- 2) самостоятельная работа над учебниками и учебными пособиями;
- 3) подготовка и выполнение РГР и контрольных работ;
- 4) прохождение лабораторного практикума;
- 5) сдача экзаменов.

И на каждом этапе предполагается самостоятельная работа студента.

### **Самостоятельная работа при проработке лекций.**

Преподавателями ВУЗа начитывается в течение семестра курс лекций по конкретному разделу физики. Но из-за нехватки аудиторного времени преподаватель должен сжимать объем информации, который выводится на обсуждение на лекционных занятиях. Поэтому после каждого лекционного занятия необходимо прочитывать записанный материал, чтобы восстановить логику изложения материала и прорабатывать не хватающие элементы. Регулярная проработка лекций обеспечивает также подготовку студента к практическим и лабораторным занятиям, что в свою очередь, позволяет экономить время на соответствующих занятиях.

### **Самостоятельная работа над учебниками и учебными пособиями.**

При самостоятельной работе над учебным материалом необходимо:

- 1) составлять конспект, в котором записываются законы и формулы, выражающие эти законы, определения основных физических понятий и сущность физических явлений и методов исследования;
- 2) изучать курс физики систематически, так как в противном случае материал будет усвоен поверхностно;
- 3) пользоваться каким-то одним учебником или учебным пособием (или ограниченным числом пособий), чтобы не утрачивалась логическая связь между отдельными вопросами, по крайней мере, внутри какого-то определенного раздела курса.

### **Самостоятельная работа при подготовке и выполнении РГР и контрольных работ.**

Решение задач по физике – неотъемлемая часть процесса изучения данной дисциплины. При решении задач формируется навык применять законы физики на практике, видеть следствия из применяемых законов, закладывается физическая интуиция студентов.

Расчетно-графические работы позволяют закрепить теоретический материал курса. В процессе изучения физики студент должен выполнить 6 РГР и написать 3 контрольные работы. Решение задач в контрольных работах является проверкой степени усвоения студентом теоретического курса, а рецензии на работу помогают ему доработать и правильно освоить различные разделы курса физики.

Рекомендации к решению задач:

- 1) прежде чем приступить к решению той или иной задачи, студент должен хорошо понять ее содержание и поставленные в ней вопросы;

- 2) приступая к решению задач по какому-либо разделу, необходимо ознакомиться по лекциям, дополнительной учебной литературе с конкретными понятиями и соотношениями, относящихся к этому разделу курса физики;
- 3) сделайте краткую запись условия, выразив исходные данные в единицах СИ;
- 4) сделайте, где это необходимо, чертеж, схему или рисунок, поясняющий описанный в задаче процесс;
- 5) напишите уравнения или систему уравнений, отображающие физический процесс;
- 6) используя чертежи и условие задачи, преобразуйте уравнения так, чтобы, в них входили лишь исходные данные и табличные величины;
- 7) решив задачу в общем виде, проверьте ответ по равенству размерностей величин, входящих в расчетную формулу;
- 8) произведите вычисления и, получив ответ, оцените его физическую реальность.

### **Самостоятельная работа при прохождении лабораторного практикума.**

Выполнение лабораторных работ, также является неотъемлемой частью процесса изучения физики, так как только при выполнении эксперимента можно убедиться в действительности физических законов.

Методические рекомендации к самостоятельной работе при прохождении лабораторного практикума:

- 1) перед каждым лабораторным занятием, на котором планируется выполнение экспериментальной работы необходимо составить конспект основного теоретического материала, необходимого к данной работе;
- 2) после основных теоретических сведений необходимо проделать вывод всех расчетных формул, используемых при обсчете данного эксперимента;
- 3) необходимо четко уяснить методы расчета погрешностей измеряемых величин;
- 4) заготовить таблицы-отчеты, в которые будут вноситься экспериментальные данные в ходе выполнения лабораторной работы;
- 5) выполнив лабораторную работу, необходимо провести все необходимые вычисления по расчетным формулам и расчет погрешностей измерения;
- 6) в конце работы обязательно должен присутствовать вывод студента по данной работе;
- 7) заключительным этапом сдачи лабораторной работы является защита, на которой студент должен ответить на ряд контрольных теоретических вопросов.

### **Самостоятельная работа при подготовке к сдаче экзаменов.**

При подготовке к сдаче экзамена по дисциплине «физика» необходимо подробно рассмотреть весь накопленный и проработанный за семестр материал, сопоставить имеющийся материал с вопросами к экзамену. Для успешной сдачи экзамена необходимо четко знать все основные физические понятия и законы, связывающие физические величины. Необходимо иметь представления о взаимосвязях физических явлений, входящих в изучаемый раздел, уметь анализировать следствия из фундаментальных законов и знать их практическое применение.

## 2. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

**Таблица 1 - Перечень тем для самостоятельного изучения**

Содержание разделов (модулей), тем дисциплины	Количество часов, выделяемых на виды учебной работы по формам обучения	
	Очная	Заочная
	СРС	СРС
	1 курс, 2 семестр	1 курс
<p><b>1) Кинематика.</b> Основные кинематические характеристики криволинейного движения: скорость и ускорение. Нормальное и тангенциальное ускорение. Кинематика вращательного движения: угловая скорость и угловое ускорение, их связь с линейной скоростью и ускорением.</p>	10	14
<p><b>2) Динамика.</b> Инерциальные системы отсчета и первый закон Ньютона. Второй закон Ньютона. Масса, импульс, сила. Уравнение движения материальной точки. Третий закон Ньютона и закон сохранения импульса. Закон всемирного тяготения. Силы трения. Законы сохранения импульса и полной механической энергии.</p>	10	14
<p><b>3) Момент импульса.</b> Момент импульса материальной точки и механической системы. Момент силы. Уравнение моментов. Закон сохранения момента импульса механической системы.</p>	10	14
<p><b>4) Динамика вращательного движения.</b> Основное уравнение динамики вращательного движения твердого тела. Момент импульса тела. Момент инерции. Теорема Штейнера. Кинетическая энергия вращающегося твердого тела.</p>	10	14
<p><b>5) Основы термодинамики.</b> Уравнение состояния в термодинамике. Обратимые и необратимые процессы. Первое начало термодинамики. Теплоемкость. Уравнение Майера. Изохорический, изобарический, изотермический, адиабатический процессы в идеальных газах. Второе начало термодинамики. Преобразование теплоты в механическую работу. Цикл Карно и его коэффициент полезного действия. Энтропия.</p>	10	14
<p><b>6) Молекулярно-кинетическая теория.</b> Давление газа с точки зрения МКТ. Теплоемкость и число степеней свободы молекул газа. Распределение Максвелла для модуля и проекций скорости молекул идеального газа. Экспериментальное обоснование распределения Максвелла. Распределение Больцмана и барометрическая формула.</p>	10	13
<p><b>7) Элементы физической кинетики.</b> Явления переноса. Диффузия, теплопроводность, внутреннее трение.</p>	10	13
<p><b>8) Электростатика.</b></p>	10	14

Закон Кулона. Напряженность и потенциал электростатического поля. Теорема Гаусса. Электроёмкость проводников и конденсаторов. Энергия заряженного конденсатора. Диэлектрики в электрическом поле. Поляризация диэлектриков. Вектор электрического смещения. Диэлектрическая проницаемость вещества.		
<b>9) Постоянный электрический ток.</b> Сила и плотность тока. Уравнение непрерывности для плотности тока. Закон Ома в интегральной и дифференциальной формах. Закон Джоуля-Ленца. Электродвижущая сила источника тока. Правила Кирхгофа.	10	14
<b>Итого за 1 курс 2 семестр:</b>	<b>90</b>	
<b>Итого за 1 курс:</b>		<b>124</b>
	<b>2 курс, 3 семестр</b>	<b>2 курс</b>
<b>1. Магнетизм.</b> Магнитное взаимодействие постоянных токов. Вектор магнитной индукции. Закон Ампера. Сила Лоренца. Закон Био-Савара-Лапласа. Теорема о циркуляции (закон полного тока). Магнитное поле и магнитный дипольный момент кругового тока. Намагниченность магнетиков. Напряженность магнитного поля. Магнитная проницаемость. Классификация магнетиков.	10	17
<b>2. Электромагнитная индукция. Уравнения Максвелла.</b> Правило Ленца. Уравнение электромагнитной индукции. Самоиндукция. Индуктивность соленоида. Энергия магнитного поля. Система уравнений Максвелла.	10	17
<b>3. Гармонические колебания. Электрические колебания</b> Амплитуда, круговая частота и фаза гармонических колебаний. Сложение колебаний. Колебательный контур. Колебания в контуре без активного сопротивления. Индуктивное, ёмкостное и реактивное сопротивления.	10	17
<b>4. Волновая оптика.</b> Электромагнитная природа света. Волновое уравнение. Скорость света. <b>Интерференция монохроматических волн.</b> Разность хода. Когерентность. Условия интерференционных максимумов и минимумов. Интерференция в тонких пленках. Полосы равной толщины и равного наклона. Просветление оптики. Интерференционные приборы.	10	18
<b>5. Волновая оптика.</b> <b>Дифракция света.</b> Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Дифракционная решетка. Разрешающая способность. <b>Поляризация света.</b> Линейная, круговая и эллиптическая поляризации. Естественный свет. Двойное лучепреломление. Поляризация света при двойном лучепреломлении. Поляризационные приборы. Закон Малюса. Вращение плоскости поляризации в кристаллических телах.	10	18

<b>6. Взаимодействие света с веществом.</b> Дисперсия света. Электронная теория дисперсии света. Нормальная и аномальная дисперсии. Линии поглощения. Закон Бугера. Рассеяние света.	10	17
<b>7. Излучение черного тела.</b> Законы Кирхгофа, Стефана – Больцмана, Вина. Формулы Планка, квантовый характер излучения.	10	17
<b>8. Взаимодействие фотонов с электронами.</b> Внешний фотоэлектрический эффект. Работы А.Г. Столетова. Формула Эйнштейна. Применение фотоэффекта. Эффект Комптона. Давление света. Опыты П. Н. Лебедева.	10	17
<b>9. Волновые свойства частиц.</b> Гипотеза де Бройля. Опыты Дэвиссона и Джермера. Принцип неопределенности. Уравнение Шредингера. Прохождение частиц через потенциальный барьер.	10	17
<b>Итого за 2 курс 3 семестр:</b>	<b>90</b>	
<b>ИТОГО:</b>	<b>180</b>	
<b>Итого за 2 курс 3 семестр:</b>		<b>155</b>
<b>ИТОГО:</b>		<b>279</b>

### 3. Содержание и методические указания к изучению тем дисциплины

#### 1 курс. 2 семестр.

##### 1) Кинематика.

Основные кинематические характеристики криволинейного движения: скорость и ускорение. Нормальное и тангенциальное ускорение. Кинематика вращательного движения: угловая скорость и угловое ускорение, их связь с линейной скоростью и ускорением.

##### Вопросы для самопроверки:

1. Что такое скорость, ускорение?
2. Чему равны и куда направлены нормальное и тангенциальное ускорение?
3. Что такое радиус-вектор, траектория и вектор перемещения?
4. Запишите связь линейных и угловых кинематических параметров.

##### Задачи для самопроверки:

1. Материальная точка движется в плоскости  $XOY$  по закону  $X = \beta \cdot t^2$ ,  $Y = \gamma \cdot t^2$ , где  $\beta$  и  $\gamma$  - положительные постоянные. Найти: 1) скорость точки как функцию времени; 2) зависимость длины пути от времени; 3) тангенциальное ускорение точки.
2. Точка движется в плоскости  $XOY$  по закону  $x = A \sin \omega t$ ,  $Y = A (1 - \cos \omega t)$ , где  $A$  и  $\omega$  - положительные постоянные. Найти путь  $s$ , проходимый точкой за время  $\tau$ , угол между скоростью и ускорением точки.
3. По дуге окружности радиусом 10 м движется точка. В некоторый момент времени нормальное ускорение точки равно  $4,9 \text{ м/с}^2$ ; в этот момент векторы полного и нормального ускорений образуют углы  $60^\circ$ . Найти скорость и тангенциальное ускорение точки.

##### 2) Динамика.

Инерциальные системы отсчета и первый закон Ньютона. Второй закон Ньютона. Масса, импульс, сила. Уравнение движения материальной точки. Третий закон Ньютона и закон сохранения импульса. Закон всемирного тяготения. Силы трения.

##### Вопросы для самопроверки:

1. Какие системы отсчета называются инерциальными и неинерциальными?
2. Сформулируйте принцип относительности Галилея.
3. Сформулируйте законы Ньютона.
4. Какие фундаментальные силы вы знаете?
5. Сформулируйте закон сохранения импульса для замкнутых систем.
6. Чему равна работа силы, мощность, кинетическая энергия и потенциальная энергия?
7. Сформулируйте закон сохранения механической энергии в потенциальном поле.
8. Что такое упругий удар?
9. Что такое неупругий удар?

##### Задачи для самопроверки:

1. Два одинаковых шара подвешены на нитях длиной 0,98 м и касаются друг друга. Один из шаров отклоняют на угол  $10^\circ$  и отпускают. Определить максимальную скорость второго шара после соударения. Удар считать абсолютно упругим.
2. При упругом ударе нейтрона о ядро углерода он движется после удара в направлении, перпендикулярном начальному. Считая, что масса ядра углерода в  $n = 12$  раз больше массы нейтрона, определить, во сколько раз уменьшается энергия нейтрона в результате удара.
3. Вагон массой 40 тонн, движущийся со скоростью 2 м/с, в конце запасного пути ударяется о пружинный амортизатор. На сколько сожмется пружина, если ее коэффициент упругости равен  $2,25 \cdot 10^5 \text{ Н/м}$ ?
4. Шар массой 3 кг движется со скоростью 2 м/с и сталкивается с покоящимся шаром массой 5 кг. Какая работа будет совершена при деформации шаров? Удар считать абсолютно неупругим, прямым, центральным.

5. Шар катится по горизонтальной плоскости. Какую часть составляет энергия поступательного движения от общей кинетической энергии?

6. Два тела массами  $m$  и  $3m$  двигаются во взаимно перпендикулярных направлениях. После соударения тело массой  $m$  остановилось. Какую часть его энергии составляет выделившееся при ударе тепло?

### 3) Момент импульса.

Момент импульса материальной точки и механической системы. Момент силы. Уравнение моментов. Закон сохранения момента импульса механической системы.

#### Вопросы для самопроверки:

1. Что такое момент силы и чему он равен?
2. Что такое момент инерции материальной точки и чему он равен?
3. Сформулируйте закон сохранения момента импульса.
4. Запишите уравнение моментов.

#### Задачи для самопроверки:

1. Нить с привязанными к ее концам грузами массами 50 г и 60 г перекинута через блок диаметром 4 см. Определить момент инерции блока, если под действием силы тяжести грузов он получил угловое ускорение  $1,5 \text{ рад/с}^2$ . Трением и проскальзыванием нити по блоку пренебречь.

2. Вывести формулу для момента инерции цилиндрической муфты относительно оси, совпадающей с ее осью симметрии. Масса муфты равняется  $m$ , внутренний радиус –  $R_1$ , внешний –  $R_2$ .

3. Обруч массой 1 кг и радиусом 0,2 м вращается равномерно с частотой  $3 \text{ с}^{-1}$  относительно оси, проходящей через середину его радиуса перпендикулярно плоскости обруча. Определить момент импульса обруча.

### 4) Динамика вращательного движения.

Основное уравнение динамики вращательного движения твердого тела с закрепленной осью вращения. Момент импульса тела. Момент инерции. Теорема Штейнера. Кинетическая энергия вращающегося твердого тела.

#### Вопросы для самопроверки:

1. Сформулируйте закон сохранения импульса и момента импульса при движении твердого тела.
2. Сформулируйте основной закон динамики вращательного движения.
3. Сформулируйте теорему Штейнера.
4. Чему равна кинетическая энергия вращательного движения?

#### Задачи для самопроверки:

1. В центре скамьи Жуковского стоит человек и держит в руках стержень длиной 2,4 м и массой 8 кг, расположенный вертикально по оси вращения скамейки. Скамья с человеком вращается с частотой  $1 \text{ с}^{-1}$ . С какой частотой будет вращаться скамья с человеком, если он повернет стержень в горизонтальное положение? Суммарный момент инерции человека и скамьи равен  $6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ .

2. Диск и обруч одинакового радиуса и массы окатываются без скольжения с наклонной плоскости высотой 1 м. Определить скорость их центров масс в конце скатывания.

3. Два тела массами 0,25 кг и 0,15 кг связаны тонкой нитью, переброшенной через блок. Блок укреплен на краю горизонтального стола, по поверхности которого скользит тело массой 0,25 кг. С каким ускорением движутся тела и каковы силы натяжения нитей по обе стороны от блока? Коэффициент трения тела о поверхность стола равен 0,2. Масса блока равна 0,1 кг и ее можно считать равномерно распределенной по ободу. Массой нити и трением в подшипниках оси блока пренебречь.

## 5) Основы термодинамики.

Термодинамическое равновесие и температура. Квазистатические процессы. Уравнение состояния в термодинамике. Обратимые и необратимые процессы. Первое начало термодинамики. Теплоемкость. Уравнение Майера. Изохорический, изобарический, изотермический, адиабатический процессы в идеальных газах. Второе начало термодинамики. Преобразование теплоты в механическую работу. Цикл Карно и его коэффициент полезного действия. Энтропия.

### Вопросы для самопроверки:

1. Свойства жидкостей и газов.
2. Запишите уравнение гидростатического равновесия.
3. Запишите уравнение неразрывности.
4. Сформулируйте закон Бернулли.
5. Что такое число Рейнольдса и что оно определяет?

### Задачи для самопроверки:

1. В бочку заливается вода со скоростью  $200 \text{ см}^3/\text{с}$ . На дне бочки образовалось отверстие площадью поперечного сечения  $0,8 \text{ см}^2$ . Пренебрегая вязкостью воды, определите уровень воды в бочке.
2. Шарик всплывает с постоянной скоростью в жидкости, плотность которой в три раза больше плотности материала шарика. Определите отношение силы трения, действующей на всплывающий шарик, к его весу.

## 6) Молекулярно-кинетическая теория.

Давление газа с точки зрения МКТ. Теплоемкость и число степеней свободы молекул газа. Распределение Максвелла для модуля и проекций скорости молекул идеального газа. Экспериментальное обоснование распределения Максвелла. Распределение Больцмана и барометрическая формула.

### Вопросы для самопроверки:

1. Сформулируйте основные положения МКТ.
2. Что такое внутренняя энергия системы?
3. Перечислите макроскопические параметры состояния системы. Запишите уравнение состояния идеального газа.

### Задачи для самопроверки:

1. В баллоне объемом  $0,5 \text{ дм}^3$  содержится смесь газов, состоящая из  $10^{20}$  молекул кислорода,  $4 \cdot 10^{20}$  молекул азота и  $3,3 \cdot 10^{20}$  молекул аргона. Определите: а) давление смеси; б) молярную массу смеси. Температура смеси  $127^\circ\text{C}$ .
2. Из баллона со сжатым водородом объемом  $10 \text{ л}$  вследствие неисправности вентиля вытекает газ. При температуре  $7^\circ\text{C}$  манометр показывал давление  $p = 4,9 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . Через некоторое время при температуре  $17^\circ\text{C}$  манометр показал такое же давление. Сколько газа вытекло?
3. Энергия поступательного движения всех молекул азота, находящихся в баллоне объемом  $20 \text{ л}$ , равна  $5 \text{ кДж}$ , а средняя квадратичная скорость его молекул равна  $2 \cdot 10^3 \text{ м/с}$ . Найти массу азота в баллоне и давление, под которым он находится.

## 7) Элементы физической кинетики.

Явления переноса. Диффузия, теплопроводность, внутреннее трение.

### Вопросы для самопроверки:

1. Что такое явление переноса и какая физическая величина переносится?
2. Что такое длина свободного пробега, среднее число столкновений?
3. Диффузия. Запишите закон Фика.
4. Теплопроводность. Запишите закон Фурье.
5. Вязкость. Запишите закон Ньютона для вязкого трения.

### Задачи для самопроверки:

1. Площадь окна равна  $2 \text{ м}^2$ . Расстояние между рамами равно  $0,2 \text{ м}$ . Наружное стекло имеет среднюю температуру  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ , внутреннее -  $+20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Давление между рамами – нормальное. Температура линейно меняется от внутреннего стекла к наружному. Определить количество теплоты, теряемой через это окно за отопительный сезон (7 месяцев). Коэффициент теплопроводности воздуха равен  $0,025 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ .

2. Найти массу азота, прошедшего вследствие диффузии через площадку  $0,01 \text{ м}^2$  за время  $10 \text{ с}$ , если градиент плотности в направлении, перпендикулярном к площадке, равен  $1,26 \text{ кг}/\text{м}^4$ . Температура азота равна  $27^\circ \text{C}$ . Средняя длина свободного пробега молекул азота равна  $10 \text{ мкм}$ .

3. Самолет летит со скоростью  $360 \text{ км}/\text{час}$ . Считая, что толщина слоя воздуха у крыла самолета, увлекаемого вследствие вязкости, равна  $4 \text{ см}$ , найти касательную силу, действующую на единицу поверхности крыла. Диаметр молекул воздуха равен  $0,3 \text{ нм}$ . Температура воздуха равна  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ .

## 8) Электростатика.

Закон Кулона. Напряженность и потенциал электростатического поля. Теорема Гаусса. Электроёмкость проводников и конденсаторов. Энергия заряженного конденсатора. Диэлектрики в электрическом поле. Поляризация диэлектриков. Вектор электрического смещения (электрической индукции). Диэлектрическая проницаемость вещества.

### Вопросы для самопроверки:

1. Сформулируйте свойства электрического заряда.
2. Сформулируйте закон Кулона.
3. Сформулируйте закон сохранения электрического заряда.
4. Сформулируйте принцип суперпозиции полей.
5. Что такое электрический диполь?
6. Сформулируйте теорему Гаусса-Остроградского.
7. Что такое поток вектора электростатического поля?
8. В чем измеряется поток вектора электростатического поля?
9. Что такое поверхностная плотность заряда, линейная плотность заряда и объемная плотность заряда?
10. Что такое циркуляции вектора электростатического поля?
11. Что такое потенциал электростатического поля?
12. Чему равна работа электростатического поля по перемещению заряда?
13. Чему равна потенциальная энергия заряда в электростатическом поле?
14. Чему равен дипольный момент молекулы?
15. Что такое вектор поляризации и куда он направлен?
16. Чему равна диэлектрическая восприимчивость?
17. Что такое вектор электрического смещения, куда он направлен?
18. Что показывает диэлектрическая проницаемость?

### Задачи для самопроверки:

1. Тонкий длинный стержень равномерно заряжен с линейной плотностью  $10 \text{ мкКл}/\text{м}$ . Какова сила, действующая на точечный заряд  $10 \text{ нКл}$ , находящийся вблизи средней части стержня на расстоянии  $20 \text{ см}$ , малом по сравнению с его длиной?

2. Три тонкие металлические пластины, имеющие заряды  $q$ ,  $3q$ ,  $2q$  расположены параллельно друг другу. Площадь каждой пластины  $S$ . Найти силу, действующую на среднюю пластину. Электрическое поле, создаваемое каждой пластиной считать однородным.

3. Тонкое кольцо несет распределенный заряд  $0,2 \text{ мкКл}$ . Определить напряженность электрического поля, создаваемого распределенным зарядом в точке, равноудаленной от всех точек кольца на расстояние  $20 \text{ см}$ . Радиус кольца  $10 \text{ см}$ .

4. Шар радиусом  $R = 10 \text{ см}$  заряжен равномерно с объемной плотностью  $10 \text{ нКл}/\text{м}^3$ . Пользуясь теоремой Гаусса, определить: 1) зависимость напряженности

электростатического поля  $E$  как функции расстояния  $r$  от центра шара (для  $r \leq R$ ); 2) рассчитать значение напряженности электростатического поля на расстоянии  $r = 6$  см от центра шара; 3) построить график зависимости  $E(r)$  для  $r \leq R$ .

5. На двух коаксиальных бесконечных цилиндрах радиусами  $R$  и  $2R$  равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$ . Требуется: 1) используя теорему Гаусса, найти зависимость напряженности электрического как функцию расстояния от оси цилиндров; 2) вычислить напряженность в точке, удаленной на расстояние  $r$  от оси цилиндров; 3) построить график зависимости  $E(r)$ . Принять  $\sigma_1 = \sigma = 60$  нКл/м<sup>2</sup>;  $\sigma_2 = -\sigma$ ,  $r = 3R$ .

6. Точечные заряды  $q_1, q_2, q_3$  расположены в вершинах правильного треугольника со стороной  $a$ . Определить энергию этой системы зарядов.

7. Две концентрические металлические сферы радиусами  $R_1=15$  см,  $R_2=30$  см имеют заряды  $Q_1=-0,2$  нКл,  $Q_2=0,4$  нКл. Вычислить потенциал электрического поля в точках, удаленных от центра сфер на расстояние  $L_1=10$  см,  $L_2=20$  см,  $L_3=40$  см. Изобразить графически зависимость потенциала от расстояния от центра сфер.

8. Тонкая квадратная рамка равномерно заряжена с линейной плотностью заряда, равной  $200$  пКл/м. Определить потенциал поля в точке пересечения диагоналей.

9. Плоский воздушный конденсатор электроемкостью  $1,11$  нФ заряжен до разности потенциалов  $300$  В. После отключения от источника тока расстояние между пластинами конденсатора было увеличено в  $5$  раз. Определить работу внешних сил по раздвижению пластин,

10. Между пластинами плоского конденсатора, заряженного до разности потенциалов  $600$  В, находится два слоя диэлектриков: стекла толщиной  $7$  мм и эбонита толщиной  $3$  мм. Площадь каждой пластины конденсатора равна  $200$  см<sup>2</sup>. Найти электроемкость конденсатора и падение напряжения в каждом из слоев

11. Расстояние между пластинами плоского конденсатора составляет  $5$  мм. После его зарядки до разности потенциалов  $500$  В между пластинами конденсатора вдвинули стеклянную пластинку ( $\epsilon=7$ ). Определить диэлектрическую восприимчивость стекла и поверхностную плотность связанных зарядов на стеклянной пластинке.

12. Разность потенциалов на пластинах плоского конденсатора с диэлектриком равна  $500$  В, расстояние между пластинами  $10$  мкм. Определить объемную плотность энергии конденсатора.

## 9) Постоянный электрический ток.

Сила и плотность тока. Уравнение непрерывности для плотности тока. Закон Ома в интегральной и дифференциальной формах. Закон Джоуля-Ленца. Закон Видемана-Франца. Электродвижущая сила источника тока. Правила Кирхгофа. Ток в металлах, полупроводниках жидкостях и газах.

### Вопросы для самопроверки:

1. Что такое электрический ток?
2. Что такое сила тока, плотность тока, электродвижущая сила, падение напряжения на участке цепи?
3. Запишите закон Ома для однородного и для неоднородного участка цепи.
4. Что такое сопротивление участка цепи, удельное сопротивление, проводимость?
5. Сформулируйте законы Кирхгофа.
6. Что такое работа электрического тока, мощность, выделяемая в проводнике?
7. Сформулируйте закон Джоуля-Ленца.
8. Чему равен КПД источника тока?

### Задачи для самопроверки:

1. Две батареи аккумуляторов с ЭДС  $\epsilon_1=\epsilon_2=100$  В и четыре резистора с сопротивлениями  $R_1=20$  Ом,  $R_2=10$  Ом,  $R_3=40$  Ом и  $R_4=30$  Ом соединены, как показано на рис. 4.

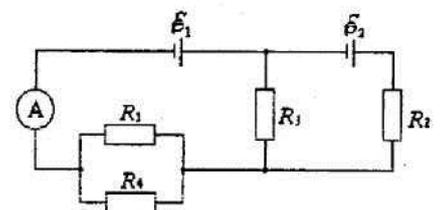


Рис. 4

Найти показание амперметра. Внутренними сопротивлениями батарей аккумуляторов пренебречь.

2. К зажимам батареи аккумуляторов присоединен нагреватель. ЭДС батареи равна 24 В, внутреннее сопротивление 1 Ом. Нагреватель, включенный в цепь, потребляет мощность 80 Вт. Вычислить силу тока в цепи и КПД нагревателя.

3. Зашунтированный амперметр измеряет токи до 10 А. Какую наибольшую силу тока может измерить этот амперметр без шунта, если сопротивление амперметра 0,02 Ом, а сопротивление шунта 5 мОм?

4. Сила тока в цепи изменяется со временем по закону  $I=I_0 \sin \omega t$ . Определить количество теплоты, которое выделится в проводнике сопротивлением 10 Ом за время, равное четверти периода, если период равен 10 с.

5. За время 10 секунд при равномерно возрастающей силе тока от нуля до некоторого максимума в проводнике выделилось количество теплоты 40 кДж. Определить среднюю силу тока в проводнике, если его сопротивление равно 25 Ом.

## 2 курс. 3 семестр.

### 1) Магнетизм.

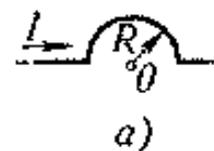
Магнитное взаимодействие постоянных токов. Вектор магнитной индукции. Закон Ампера. Сила Лоренца. Движение зарядов в электрических и магнитных полях. Закон Био-Савара-Лапласа. Теорема о циркуляции (закон полного тока). Магнитное поле и магнитный дипольный момент кругового тока. Намагниченность магнетиков. Напряженность магнитного поля. Магнитная проницаемость. Классификация магнетиков.

#### Вопросы для самопроверки:

1. Сформулируйте закон Ампера.
2. Сформулируйте принцип суперпозиции полей.
3. На что действует сила Лоренца и чему она равна?
4. Сформулируйте и запишите закон Био-Савара-Лапласа.
5. Сформулируйте правило правого винта.
6. Чему равен момент сил Ампера, действующих на контур с током?
7. Чему равен и куда направлен дипольный магнитный момент контура с током?
8. Чему равна работа по перемещению контура с током в магнитном поле?
9. Чему равен поток вектора магнитного поля через замкнутую поверхность?
10. Чему равна циркуляция вектора магнитного поля по замкнутому контуру?
11. Чему равна индукция и индуктивность тороида и соленоида?
12. На что действует сила Лоренца и чему она равна?
13. Совершает ли сила Лоренца работу?
14. Что происходит с заряженной частицей в электрическом и магнитном полях?
15. Сформулируйте правило для нахождения направления силы Лоренца.
16. Какие вещества называют магнетиками?
17. Что показывает магнитная восприимчивость?
18. В чем заключается магнитный гистерезис?
19. Что такое точка Кюри?
20. Сформулируйте закон Кюри-Вейса.

#### Задачи для самопроверки:

1. Бесконечно длинный тонкий проводник с током 50 А имеет изгиб радиусом 10 см. Определить в точке О магнитную индукцию поля, создаваемого этим током.



2. Найти напряженность магнитного поля на оси кругового тока на расстоянии 3 см от его плоскости. Радиус контура 4 см, ток в контуре 2 А.

3. По тонкому проволочному кольцу течет ток. Не изменяя силы тока в проводнике, ему придали форму квадрата. Во сколько раз изменилась магнитная индукция в центре контура?

4. По тонкому проводу в виде кольца радиусом 20 см течет ток 100 А. Перпендикулярно плоскости кольца возбуждено однородное магнитное поле с индукцией 20 мТл. Найти силу, растягивающую кольцо.

5. Тонкий провод в виде дуги, составляющей треть кольца радиусом 15 см, находится в однородном магнитном поле с индукцией 20 мТл. По проводу течет ток 30 А. Плоскость, в которой лежит дуга, перпендикулярна линиям магнитной индукции, и подводящие провода находятся вне поля. Определить силу, действующую на провод.

6. Тороид квадратного сечения содержит 1000 витков. Наружный диаметр тороида равен 40 см, внутренний - 20 см. Найти магнитный поток в тороиде, если сила тока, протекающего по обмотке, равна 10 А. Учесть, что магнитное поле внутри тороида неоднородно.

7. Коаксиальный кабель представляет собой длинную металлическую тонкостенную трубку радиуса 10 мм, вдоль оси, которой расположен тонкий провод. Силы токов в трубке и проводе равны, направления их противоположны. Определить магнитную индукцию в точках, удаленных на расстояния 5 мм и 15 мм от оси кабеля, если сила тока

8. равна 0,5 А.

9. Протон, пройдя ускоряющую разность потенциалов 800 В, влетает в скрещенные под прямым углом магнитное (50 мТл) и электрические поля. Определить напряженность электрического поля, если протон движется в скрещенных полях прямолинейно.

10. Электрон в однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл движется по окружности. Найти силу эквивалентного кругового тока, создаваемого движением электрона.

11. Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл перпендикулярно линиям индукции. Определить силу, действующую на электрон со стороны поля, если радиус кривизны траектории равен 0,5 см.

12. Определить частоту ларморовой прецессии электронной орбиты в атоме, находящемся в магнитном поле Земли, магнитная индукция которого равна 50 мкТл.

13. На один атом железа в незаполненной 3d-оболочке приходится четыре неспаренных электрона. Определить теоретическое значение намагниченности железа при насыщении

14. Висмутовый шарик радиусом 1 см помещен в однородное магнитное поле с индукцией 0,5 Тл. Определить магнитный момент, приобретенный шариком, если магнитная восприимчивость висмута равна  $-1,5 \cdot 10^{-4}$ .

## 2) Электромагнитная индукция. Уравнения Максвелла.

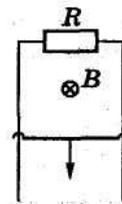
Правило Ленца. Уравнение электромагнитной индукции. Самоиндукция. Индуктивность соленоида. Включение и отключение катушки от источника постоянной ЭДС. Энергия магнитного поля. Система уравнений Максвелла. Закон индукции Фарадея. Правило Ленца. Вихревое электрическое поле. Самоиндукция. Индуктивность контура. ЭДС самоиндукции. Токи при размыкании и замыкании цепи. Взаимная индукция. Энергия магнитного поля, её объёмная плотность.

### Вопросы для самопроверки:

1. Запишите закон индукции Фарадея-Максвелла.
2. Сформулируйте правило Ленца.
3. В чем заключается явление самоиндукции?
4. Чему равна энергия магнитного поля?
5. Чему равна объёмная плотность магнитного поля?
6. Что такое ток смещения?
7. Запишите и проанализируйте уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной формах.
8. Запишите и проанализируйте уравнения Максвелла в интегральной форме.
9. Сформулируйте принцип относительности в электродинамике.

### Задачи для самопроверки:

1. В магнитное поле, изменяющееся по закону  $B=B_0\cos\omega t$ , помещена квадратная рамка со стороной 50 см, причем нормаль к рамке составляет с направлением поля угол  $45^\circ$ . Определите ЭДС индукции, возникающую в рамке в момент времени 5 с, если  $\omega=4\text{с}^{-1}$ ,  $B_0=0,1$  Тл.



2. По двум гладким вертикальным проводам, отстоящим друг от друга на расстояние  $l$ , скользит под действием силы тяжести проводник-перемычка массы  $m$ . Вверху провода замкнуты на сопротивление  $R$ . Система находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B$ , перпендикулярном плоскости, в которой перемещается перемычка. Пренебрегая сопротивлением проводов, перемычки и скользящих контактов, а также магнитным полем индукционного тока, найти установившуюся скорость перемычки.

3. Докажите с помощью уравнений Максвелла, что переменное во времени магнитное поле не может существовать без электрического поля.

4. Длинный цилиндрический конденсатор заряжается от источника с ЭДС. Пренебрегая краевыми эффектами, докажите, что ток смещения в диэлектрике, заполняющем пространство между обкладками конденсатор, а равен току в цепи источника ЭДС.

### 3) Гармонические колебания. Электрические колебания.

Амплитуда, круговая частота и фаза гармонических колебаний. Сложение колебаний. Колебательный контур. Колебания в контуре без активного сопротивления. Индуктивное, ёмкостное и реактивное сопротивления.

#### Вопросы для самопроверки:

1. Что такое гармоническое колебание? Что такое период, амплитуда и фаза колебания?
2. Что такое затухающее колебание? Что такое автоколебание? Что такое вынужденное колебание?
3. Что такое фазовая скорость, длина волны, волновое число, фазовый фронт, волновой вектор?
4. Какие волны называются продольными и поперечными? Запишите волновое уравнение. Как образуются стоячие волны?
5. Какая электрическая цепь называется электрическим колебательным контуром?
6. Какие колебания называются свободными?
7. Что такое вынужденные колебания? Чему равна частота вынужденных колебаний? От чего зависит частота вынужденных колебаний?
8. Какие колебания называются собственными?
9. Что называют затухающими колебаниями?
10. Какое явление называется резонансом? Что называется резонансной кривой?

#### Задачи для самопроверки:

1. Точка совершает гармонические колебания с амплитудой 10 см и периодом 5 с. Найти для точки максимальную скорость и максимальное ускорение.
2. Определите отношение кинетической энергии точки, совершающей гармонические колебания, к ее потенциальной энергии.
3. В результате сложения двух колебаний, период, одного из которых 0,02 с, получают биения с периодом 0,2 с. Определите период второго складываемого колебания.
4. Определите длину волны, если числовое значение волнового вектора равно  $0,025\text{с}^{-1}$ .
5. Электропоезд проходит со скоростью 72 км/ч мимо неподвижного приемника и дает гудок, частота которого 300 Гц. Принимая скорость звука равной 340 м/с, определите скачок частоты, воспринимаемый приемником.
6. В вакууме вдоль оси  $x$  распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности электрического поля волны составляет 50 мВ/м. Определите интенсивность волны, т.е. среднюю энергию, проходящую за единицу времени через единицу поверхности.

7. Колебательный контур состоит из конденсатора емкости  $C$ , катушки индуктивности  $L$  с пренебрежимо малым сопротивлением и ключа. При разомкнутом ключе конденсатор зарядили до напряжения  $U_m$  и затем в момент  $t = 0$  замкнули ключ. Найти: а) ток в контуре как функцию времени  $I(t)$ ; б) ЭДС. самоиндукции в катушке в моменты, когда электрическая энергия конденсатора оказывается равной энергии тока в катушке.
8. В контуре с емкостью  $C$  и индуктивностью  $L$  происходят свободные затухающие колебания, при которых ток меняется во времени по закону  $I = I_m e^{-\beta t} \sin \omega t$ . Найти напряжение на конденсаторе в зависимости от времени и, в частности, в момент  $t = 0$ .
9. На сколько процентов отличается частота  $\omega$  свободных колебаний контура с добротностью  $Q = 5,0$  от собственной частоты  $\omega_0$  колебаний этого контура?
10. В колебательном контуре индуктивность катушки  $L = 2,5$  мГн, а емкости конденсаторов  $C_1 = 2$  мкФ и  $C_2 = 3$  мкФ. Конденсаторы зарядили до напряжения  $U = 180$  В и замкнули ключ  $K$ . Найти: а) период собственных колебаний; б) амплитудное значение тока через катушку.

#### 4) Волновая оптика.

Электромагнитная природа света. Волновое уравнение. Скорость света. **Интерференция монохроматических волн.** Разность хода. Когерентность. Условия интерференционных максимумов и минимумов. Интерференция в тонких пленках. Полосы равной толщины и равного наклона. Просветление оптики. Интерференционные приборы.

##### Вопросы для самопроверки:

1. Сформулируйте принцип Гюйгенса.
2. Что такое когерентные волны?
3. Что такое оптическая разность хода?
4. Запишите условия максимума и минимума.
5. Опишите принцип работы интерферометров Майкельсона и Фабри-Перо.

##### Задачи для самопроверки:

1. Расстояние между 5-м и 25-м кольцами Ньютона равно 9 мм. Радиус кривизны линзы 15 м. Найти длину волны монохроматического света, падающего нормально на установку. Наблюдение проводилось в отраженном свете.
2. В опыте Юнга вначале берется свет с длиной волны 600 нм, а затем с другой. Какова длина волны во втором случае, если 7-я светлая полоса в первом случае совпадает с 10-ой темной во втором.
3. При заполнении находящейся на пути одного из интерферирующих лучей пустой трубки длиной 5 см кислородом ( $n_1 = 1,000271$ ) происходит смещение интерференционных полос. Какую толщину должен иметь компенсирующий стеклянный клин с  $n_2 = 1,5$  на пути второго луча, чтобы восстановилась первоначальная картина?

#### 5) Волновая оптика.

**Дифракция света.** Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Дифракционная решетка. Разрешающая способность. **Поляризация света.** Линейная, круговая и эллиптическая поляризации. Естественный свет. Двойное лучепреломление. Поляризация света при двойном лучепреломлении. Поляризационные приборы. Закон Малюса. Вращение плоскости поляризации в кристаллических телах.

##### Вопросы для самопроверки:

1. Сформулируйте принцип Гюйгенса-Френеля.
2. В чем заключается метод зон Френеля?
3. Что такое дифракционная решетка?
4. Опишите дифракцию на пространственной решетке.
5. Запишите условия максимума и минимума.
6. Что такое поляризованный свет?
7. Сформулируйте закон Малюса.
8. Сформулируйте закон Брюстера.

9. В чем заключается явление поляризации при двойном лучепреломлении?

В чем заключается эффект Фарадея?

**Задачи для самопроверки:**

1. На дифракционную решетку нормально падает пучок света. Чему должна быть равна постоянная дифракционной решетки, чтобы в направлении  $41^\circ$  совпали максимумы двух линий  $\lambda_1=656,3$  нм и  $\lambda_2=410,2$  нм.

2. Определить радиус третьей зоны Френеля, если расстояние от точечного источника света ( $\lambda=600$  нм) до волновой поверхности и от волновой поверхности до точки наблюдения равно 1 м.

3. Сколько штрихов на 1 мм содержит дифракционная решетка, если при нормальном падении монохроматического света ( $\lambda=0,6$  мкм), максимум пятого порядка отклонен на  $18^\circ$ .

4. Плоскости пропускания двух николей образуют угол  $30^\circ$ . В каждом николе поглощается 10 % падающего света. Определить: а) во сколько раз ослабляется свет после прохождения через поляризатор б) во сколько раз ослабляется свет после прохождения через анализатор; в) на какой угол следует повернуть анализатор, чтобы через него свет не проходил?

5. Угол между плоскостями пропускания поляризатора и анализатора равен  $45^\circ$ . Во сколько раз уменьшится интенсивность света, вышедшего из анализатора, если угол увеличить до  $60^\circ$ .

6. Угол Брюстера при падении света из воздуха на кристалл каменной соли равен  $57^\circ$ . Определить скорость света в этом кристалле.

**б) Взаимодействие света с веществом.**

Дисперсия света. Электронная теория дисперсии света. Нормальная и аномальная дисперсии. Групповая скорость. Линии поглощения. Закон Бугера. Отражение и преломление свет на границе раздела двух диэлектриков. Рассеяние света.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Что такое дисперсия света?
2. В чем заключается элементарная электронная теория дисперсии?
3. Что такое поглощение света?
4. Сформулируйте закон Бугера-Ламберта.
5. Сформулируйте закон Рэлея.

**Задачи для самопроверки:**

1. При прохождении в некотором веществе пути  $x$  интенсивность света уменьшилась в 3 раза. Определите, во сколько раз уменьшится интенсивность света при прохождении пути  $2x$ .

2. Определите концентрацию свободных электронов ионосферы, если для радиоволн с частотой 97 МГц ее показатель преломления 0,91.

3. Показатель преломления для красного света в стекле (тяжелый флинт) равен 1,6444, а для фиолетового - 1,6852. Найти разницу углов преломления в стекле данного сорта, если угол падения равен  $80^\circ$ .

4. Показатель поглощения плазмы крови равен  $0,836 \text{ см}^{-1}$ . Какая толщина слоя плазмы крови уменьшает интенсивность падающего света в 3 раза?

**7) Излучение черного тела.**

Законы Кирхгофа, Стефана – Больцмана, Вина. Формулы Планка, квантовый характер излучения.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Что называется тепловым излучением?
2. Перечислите особенности теплового излучения.
3. Что такое абсолютно черное тело?
4. Сформулируйте закон Кирхгофа, закон Стефана-Больцмана и закон смещения Вина.

5. В чем физический смысл универсальной функции Кирхгофа?
6. Каков физический смысл постоянной  $\sigma$  в законе Стефана-Больцмана и  $\lambda_m$  в законе смещения Вина?
7. Каковы условия перехода формулы Планка в формулу Рэлея-Джинса?

**Задачи для самопроверки:**

1. Температура верхних слоев звезды Сириуса 10 кК. Определить поток энергии, излучаемой с поверхности площадью 1 км<sup>2</sup> этой звезды.
2. Какую мощность излучения имеет Солнце? Излучение Солнца считать близким к излучению АЧТ. Температура поверхности солнца 5800 К.
3. Мощность излучения раскаленной металлической поверхности 0,67 кВт. Температура поверхности 2500 К ее площадь 10 см<sup>2</sup>. Какую мощность излучения имела бы эта поверхность, если бы она была абсолютно черной? Найти отношение энергетических светимостей этой поверхности и абсолютно черного тела при данной температуре.
4. На сколько уменьшится масса Солнца за год вследствие излучения? За какое время масса Солнца уменьшится вдвое? Температура поверхности Солнца 5800 К. Его излучение считать постоянным.
5. На какую длину волны приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела, имеющего температуру, равную температуре 37 °С человеческого тела?

**8) Взаимодействие фотонов с электронами.**

Внешний фотоэлектрический эффект. Работы А.Г. Столетова. Формула Эйнштейна. Применение фотоэффекта. Эффект Комптона. Давление света. Опыты П. Н. Лебедева.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Сформулируйте квантовую гипотезу Планка.
2. Дайте определение внешнего фотоэффекта.
3. Что такое ток насыщения и задерживающее напряжение?
4. Сформулируйте законы фотоэффекта.
5. Как с помощью уравнение Эйнштейна объяснить 1 и 2 законы фотоэффекта?
6. Какие характеристики фотона определяют его волновые и корпускулярные свойства?

**Задачи для самопроверки:**

1. Фотон с длиной волны 1 пм рассеялся на свободном электроны под углом 90°. Какую долю своей энергии фотон передал электрону?
2. Какая доля энергии фотона расходуется на работу выхода фотоэлектрона, если красная граница фотоэффекта 307 нм, а максимальная кинетическая энергия 1 эВ?
3. Фотон с энергией 0,4 мэВ рассеялся под углом 90° на свободном электроны. Определить энергию рассеянного фотона и кинетическую энергию электрона отдачи.
4. Найти постоянную Планка, если известно, что электрон, вырываемый из металла светом с частотой  $2,2 \cdot 10^{15}$  Гц, задерживается разностью потенциалов 6,6 В, а вырываемый светом с частотой  $4,6 \cdot 10^{15}$  Гц задерживается разностью потенциалов 16,5 В.
5. В вакууме находятся два кальциевых электрода, к которым подключен конденсатор ёмкостью 4000 пФ. При длительном освещении катода монохроматическим светом с длиной волны в 300 нм фототок между электродами, возникший вначале, прекращается, а на конденсаторе устанавливается электрический заряд. «Красная граница» фотоэффекта для кальция 450 нм. Определите установившийся заряд конденсатора. Ёмкостью системы электродов пренебречь.
6. Фотон с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта, выбивает электрон из металлической пластинки (катода), находящегося в сосуде, из которого откачан воздух. Электрон разгоняется однородным электрическим полем напряженностью  $5 \cdot 10^4$  В/м. До какой скорости электрон разгонится в этом поле, пролетев путь  $5 \cdot 10^{-4}$  м. Релятивистские эффекты не учитывать.

### 9) Волновые свойства частиц.

Гипотеза де Бройля. Опыты Дэвиссона и Джермера. Принцип неопределенности. Уравнение Шредингера. Прохождение частиц через потенциальный барьер.

#### Вопросы для самопроверки:

1. Сформулируйте гипотезу де Бройля
2. Сформулируйте и запишите соотношение неопределенностей Гейзенберга.
3. Запишите стационарное и временное уравнения Шредингера
4. Что определяет квадрат волновой функции?
5. Может ли частица находиться на дне потенциальной ямы?
6. Какими свойствами микрочастиц обусловлен туннельный эффект?
7. Что называется главным квантовым числом? Какое состояние атома называется возбужденным?

#### Задачи для самопроверки:

1. В прямоугольной потенциальной яме шириной  $l$  с абсолютно непроницаемыми стенками ( $0 < x < l$ ) находится частица в состоянии  $n=4$ . Найти вероятность местонахождения частицы в области  $l/3 < x < l$ .
2. Предполагая, что неопределенность координаты движущейся частицы равна дебройлевской длине волны, определить относительную неточность  $\Delta p/p$  импульса этой величины.
3. Коэффициент прохождения электронов через низкий потенциальный барьер равен коэффициенту отражения. Определить, во сколько раз кинетическая энергия электронов больше высоты потенциального барьера.

#### 4. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

##### *Основная литература*

1. Курс физики: учеб. пособие для вузов / Т. И. Трофимова. - 19-е и другие ранние изд., стер. - Москва: Академия, 2012, 2010, 2008 - 2004. - 557, [1] с.: ил. - (Высшее профессиональное образование) (аб.184, чз. 11)
2. Курс физики: учеб. пособие для втузов / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. - 4-е изд., испр. - Москва: Высш. шк., 2002. - 718 с.: ил. (аб.169, чз.1)
3. Задачник по физике: учеб. пособие для втузов / А. Г. Чертов, А. А. Воробьев. - Изд. 8-е, 7-е перераб. и доп. - Москва: Физматлит, 2009, 2006, 2005, 2003, 2001. - 640 с. (аб.665, чз.16)

##### *Дополнительная литература*

4. Сборник задач по общему курсу физики: для студентов техн. вузов / В. С. Волькенштейн. - Изд. 3-е, испр. и доп. - Санкт-Петербург: Кн. мир, 2005. - 327 с. (аб.138, чз.3)
5. Савельев, И.В. Курс общей физики / И.В. Савельев. - Изд. 4-е, перераб. - Москва: Наука, 1970. - Т. 1. Механика, колебания и волны, молекулярная физика. - 505 с.: ил. - Режим доступа: по подписке. - URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=477374> - Текст: электронный.
6. Савельев, И.В. Курс общей физики / И.В. Савельев. - Изд. 4-е, перераб. - Москва: Наука, 1970. - Т. 2. Электричество. - 430 с.: ил. - Режим доступа: по подписке. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=494689> - Текст: электронный.
7. Савельев, И.В. Курс общей физики / И.В. Савельев; под ред. Л.Л. Енковского. - Изд. 3-е, доп., перераб. - Москва: Наука, 1970. - Т. 3. Оптика, атомная физика, физика атомного ядра и элементарных частиц. - 527 с.: ил. - Режим доступа: по подписке. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483316> - Текст: электронный.