

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
**«КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**имени Т. Ф. ГОРБАЧЕВА»**

Кафедра физики

## **ФИЗИКА**

Методические указания к контрольным работам  
для студентов направления подготовки 21.05.04 «Горное дело»  
заочной формы обучения

Составители Т. Л. Ким  
Т. В. Лавряшина  
А. А. Мальшин

Утверждены на заседании кафедры  
Протокол № 8 от 15.03.2016  
Рекомендованы к печати  
учебно-методической комиссией  
направления 21.05.04  
Протокол № 16 от 21.03.2016  
Электронная копия находится  
в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2016

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ .....	2
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА .....	4
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	10
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1 .....	12
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2 .....	22
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 3 .....	32
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	40

## ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Целями освоения дисциплины «Физика» студентами направления подготовки 21.05.04 «Горное дело» являются изучение физических явлений и законов природы, установление границ их применимости. Использование данных законов необходимо для решения важнейших практических задач, связанных с управлением состоянием массивов горных пород, добычей, транспортированием и обогащением полезных ископаемых. При изучении дисциплины «Физика» важная роль отводится получению навыков работы с приборами и оборудованием современной физической лаборатории, использованию различных методик проведения физических измерений и обработки экспериментальных данных.

Изучение курса физики позволит студентам направления «Горное дело» выработать основы естественнонаучного мировоззрения, познакомиться с историей развития физики как науки, ее основными законами и открытиями, что особенно важно студентам при дальнейшем изучении дисциплин общеинженерного цикла, а также дисциплин специализации.

Изучение курса физики способствует формированию у студентов научного мировоззрения и современного физического мышления. В процессе изучения данного курса студент-заочник должен усвоить основные физические законы классической и современной физики, освоить методы физического исследования и приемы решения конкретных задач из разных областей физики, которые помогут в дальнейшем решать инженерные задачи. Хорошая естественнонаучная подготовка позволит выпускникам направления «Горное дело» обеспечить конкурентоспособность на международном уровне и способствовать развитию горной промышленности России.

Основной формой обучения студента-заочника является самостоятельная работа по учебникам и учебным пособиям. Выполнение контрольных работ способствует систематизации и закреплению полученных теоретических знаний.

Для организации самостоятельной работы студентов-заочников преподавателями кафедры физики ФГБОУ ВО КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева читаются лекции, проводятся практические и лабораторные занятия. Задачи подобраны таким образом, чтобы

при их решении студент-заочник проработал основную часть обязательного программного материала, а это поможет студенту успешно пройти порубежный контроль знаний (зачет, экзамен).

В каждой контрольной работе студент должен решить по ВОСЕМЬ ЗАДАЧ того варианта, номер которого совпадает с ПОСЛЕДНЕЙ ЦИФРОЙ шифра зачетной книжки. Например, последняя цифра шифра 1, следовательно, решаются задачи под номерами: 1.1, 1.11, 1.21, 1.31, 1.41, 1.51, 1.61, 1.71 контрольной работы № 1; 2.1, 2.11 ... 2.71 контрольной работы № 2 и т.д.

На титульном листе контрольной работы указывают название дисциплины, номер контрольной работы, фамилию и инициалы студента, шифр и домашний адрес.

В конце работы следует указать учебники и учебные пособия, которые использовались при решении задач.

Условия задач контрольных работ ПЕРЕПИСЫВАЮТСЯ ПОЛНОСТЬЮ, решения задач сопровождаются исчерпывающими пояснениями с использованием рисунков и схем. Задачи решаются в общем виде с проверкой размерности полученного результата. Значения величин при подстановке в расчётную формулу должны быть выражены в единицах СИ (SI). В виде исключения допускается использование других, но непременно одинаковых в числителе и знаменателе единиц измерения.

Контрольные работы на проверку необходимо присылать не позднее, чем ЗА 15 ДНЕЙ ДО НАЧАЛА СЕССИИ.

Если контрольная работа при рецензировании не зачтена, студент обязан представить её на повторную рецензию, включив в неё те задачи, решения которых оказались неверными. Работа над ошибками не зачтенной контрольной работы производится В ТОЙ ЖЕ ТЕТРАДИ.

Зачтённые работы «ЗАЩИЩАЮТСЯ» во время экзамена (зачёта), даются пояснения по существу решения задач, входящих в контрольные работы.

К контролю знаний (зачет, экзамен) допускаются студенты, защитившие контрольные работы и успешно выполнившие работы лабораторного практикума.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

## ВВЕДЕНИЕ

Роль физики в развитии техники и влияние техники на физику. Структура и задачи курса физики.

## 1. МЕХАНИКА

### 1.1. Кинематика поступательного и вращательного движений

Механическое движение. Системы отсчета, траектория, длина пути, вектор перемещения. Скорость и ускорение. Нормальное и тангенциальное ускорения. Поступательное и вращательное движение твердого тела. Угловая скорость и угловое ускорение. Связь линейных и угловых кинематических характеристик.

### 1.2. Динамика

Динамика поступательного движения. Инерциальные системы отсчета. Первый закон Ньютона. Понятие массы и силы. Второй и третий законы Ньютона. Центр масс системы. Теорема о движении центра масс. Основное уравнение динамики поступательного движения твердого тела. Закон сохранения импульса. Уравнения движения тела переменной массы. Динамика поступательного движения твердого тела.

Динамика вращательного движения. Момент силы относительно точки и оси. Момент импульса системы материальных точек и твердого тела относительно начала координат. Момент инерции твердого тела относительно оси. Вычисление осевых моментов инерции твердых тел. Основное уравнение динамики вращательного движения твердого тела. Закон сохранения момента импульса. Движение тела в поле центральных сил. Законы Кеплера.

### 1.3. Энергия и работа

Механическая работа. Консервативные и диссипативные силы. Силы тяготения и упругости. Кинетическая энергия посту-

пательного и вращательного движения твердого тела. Потенциальная энергия материальной точки во внешнем силовом поле и ее связь с силой, действующей на материальную точку. Закон изменения и сохранения энергии в механике.

#### **1.4. Специальная теория относительности**

Постулаты специальной теории относительности. Преобразования Лоренца. Следствия из преобразований Лоренца. Длина отрезка и длительность событий в различных системах отсчета. Закон сложения скоростей. Зависимость массы от скорости. Релятивистское выражение импульса и кинетической энергии. Взаимосвязь массы и энергии.

#### **1.6. Механика сплошных сред**

Механика твердых тел. Упругие напряжения и деформации. Закон Гука. Упругая энергия. Деформации сдвига, кручения и изгиба. Механика жидкостей и газов. Идеальная и вязкая жидкости. Теоремы неразрывности и Бернулли. Законы изменения скорости при ламинарном и турбулентном течении. Формулы Стокса и Пуазейля. Законы гидродинамического подобия. Движение тел в жидкостях и газах.

### **2. ТЕРМОДИНАМИКА И СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА**

#### **2.1. Молекулярно-кинетическая теория газов**

Термодинамические параметры. Уравнение состояния. Термодинамический и молекулярно-кинетический (статистический) методы. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов и его связь с уравнением состояния. Молекулярно-кинетический смысл температуры. Распределение Максвелла. Скорости газовых молекул. Экспериментальное определение скоростей молекул. Распределение Больцмана. Кинетические явления. Число столкновений и длина свободного пробега молекул. Явления переноса.

## **2.2. Первое начало термодинамики**

Степени свободы. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы. Внутренняя энергия идеального газа. Работа, совершаемая газом при расширении. Теплота. I начало термодинамики. Теплоемкость. Изопроеессы в идеальном газе. Адиабатный процесс. Теплоемкость идеального газа в различных процессах.

## **2.3. Обратимые и необратимые термодинамические процессы**

Энтропия. Изменение энтропии идеального газа в различных процессах. Закон возрастания энтропии. II начало термодинамики. Статистический смысл второго начала термодинамики. Круговые процессы (циклы). Тепловые двигатели и холодильные машины. КПД тепловой машины. Цикл Карно. КПД цикла Карно и его максимальность.

# **3. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ**

## **3.1. Электростатика**

Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона. Потенциальное и вихревое поле. Напряженность электрического поля. Напряженность поля точечного заряда. Принцип суперпозиции электрических полей. Поток вектора напряженности электрического поля. Теорема Остроградского – Гаусса для электростатического поля в вакууме. Применение теоремы Остроградского – Гаусса к расчету полей заряженных тел.

Потенциал – энергетическая характеристика электростатического поля. Потенциал поля точечного заряда. Связь потенциала с напряженностью электростатического поля. Эквипотенциальные поверхности. Электрические диполи. Поле диполя.

Электрическое поле в веществе. Типы диэлектриков. Электронная, ориентационная и ионная поляризация. Расчет поляризованности диэлектриков. Объемные и поверхностные связанные заряды. Поле внутри диэлектрика. Теорема Остроградского – Гаусса для поля в веществе. Граничные условия на границе раз-

дела двух сред. Электрическое поле в конденсаторе. Сегнето- и пьезоэлектрики.

Проводники в электрическом поле. Распределение зарядов в проводнике. Явление электростатической индукции. Электроемкость уединенного проводника. Конденсаторы. Энергия системы точечных зарядов, уединенного проводника, конденсатора и системы проводников. Энергия поляризованного диэлектрика. Энергия электростатического поля. Объемная плотность энергии.

### **3.2. Постоянный электрический ток**

Классическая теория проводимости металлов и ее опытное обоснование. Закон Ома в дифференциальной форме. Разность потенциалов, сторонние электродвижущие силы, напряжение. Границы применимости закона Ома. Закон Джоуля – Ленца в дифференциальной форме. Работа и мощность тока. Правила Кирхгофа. Затруднения классической электронной теории проводимости металлов. Закон Видемана – Франца.

### **3.3. Магнитное поле**

Вектор магнитной индукции. Движение заряженных частиц в постоянном магнитном поле. Сила Лоренца. Действие магнитного поля на проводник с током. Закон Ампера. Взаимодействие токов. Контур с током в магнитном поле. Работа по перемещению проводника и контура с током в магнитном поле. Магнитный поток.

Методы расчета магнитных полей. Закон Био – Савара – Лапласа. Напряженность магнитного поля. Закон полного тока. Магнитная проницаемость вещества. Магнитная восприимчивость. Диа- пара- и ферромагнетики. Кривая намагничивания ферромагнетиков. Гистерезис.

Ток смещения. Уравнения Максвелла для электромагнитного поля в интегральной и дифференциальной формах. Граничные условия для векторов электромагнитного поля. Инвариантность уравнений Максвелла.

## **4. МЕХАНИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ**

### **4.1. Физика колебаний и волн**

Гармонические колебания (механические и электромагнитные) и их характеристики. Дифференциальное уравнение гармонических колебаний. Физический маятник. Электрический колебательный контур. Векторные диаграммы. Сложение гармонических колебаний одного направления и одинаковой частоты. Биения. Затухающие и электромагнитные колебания, их уравнение и характеристики. Вынужденные электромагнитные колебания. Резонанс.

### **4.2. Волны**

Продольные и поперечные волны. Уравнение плоской волны. Волновое уравнение. Электромагнитные волны и их свойства. Энергия электромагнитных волн. Вектор Умова – Пойтинга. Световые волны. Поляризация света. Законы Малюса и Брюстера.

## **5. ВОЛНОВАЯ И КВАНТОВАЯ ОПТИКА**

### **5.1. Волновая оптика**

Интерференция и дифракция. Условия наблюдения интерференции. Способы получения когерентных волн. Условия максимума и минимума при интерференции. Дифракция. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Применения интерференции и дифракции.

### **5.2. Квантово-оптические явления**

Тепловое излучение и его характеристики. Абсолютно черное тело. Законы излучения абсолютно черного тела. Квантовая гипотеза и формула Планка. Фотоэффект. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Фотон. Энергия и импульс фотона. Эффект Комптона. Корпускулярно-волновой дуализм.

## 6. ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ

### 6.1. Волновые свойства микрочастиц

Гипотеза де Бройля. Опытное подтверждение волновых свойств микрочастиц. Свойства волн де Бройля. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Волновая функция, ее статистический смысл и свойства.

### 6.2. Уравнение Шредингера и его решение в частных случаях

Временное и стационарное уравнения Шредингера. Частица в потенциальном ящике. Квантование энергии и импульса частиц. Уравнение Шредингера для электрона в атоме водорода. Квантовые числа. Спин. Закономерности атомных спектров. Поглощение и излучение света атомом. Лазеры.

### 6.3. Электрические свойства твердых тел

Электроны в металле. Фермионы и бозоны. Функции распределения Ферми – Дирака и Бозе – Эйнштейна. Распределение Ферми-Дирака для вырожденного газа в металлах. Уровень Ферми.

Энергетические зоны в кристалле. Распределение электронов по энергетическим уровням. Валентная зона и зона проводимости. Зонная структура металлов, диэлектриков и полупроводников.

Собственная и примесная проводимость полупроводников. Контактные и термоэлектрические явления в металлах и полупроводниках. *p-n*-переход. Контакт металл-полупроводник. Вентильный эффект. Перераспределение концентрации носителей в металлах и полупроводниках при градиенте температуры. Явление Зеебека. ТермоЭДС. Эффект Пельтье.

## 7. ЭЛЕМЕНТЫ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ФИЗИКИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

### 7.1. Состав и превращения атомных ядер

Состав атомных ядер. Протоны и нейтроны. Ядерные силы. Энергия связи. Радиоактивность и ее законы. Реакции деления и синтеза. Проблемы управляемой термоядерной реакции. Элементарные частицы, их классификация и свойства.

### СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

#### Основная литература

1. Дырдин, В. В. Физика. Механика. Молекулярная физика [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям «Горное дело» и «Физические процессы горного производства» / В. В. Дырдин, А. А. Мальшин, С. А. Шепелева. – Кемерово : КузГТУ, 2014. – 202 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90192&type=utchposob:common>

2. Дырдин, В. В. Физика. Электричество и магнетизм [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям «Горное дело» и «Физические процессы горного производства» / В. В. Дырдин, А. А. Мальшин, Т. И. Янина. – Кемерово : КузГТУ, 2014. – 208 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=91253&type=utchposob:common>

3. Савельев, И. В. Курс физики [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по техн. и технолог. направлениям и специальностям : в 3 т. Т. 1. Механика. Молекулярная физика. – 4-е изд., стереотип. – Санкт-Петербург : Лань, 2008. – 352 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=509](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=509)

#### Дополнительная литература

4. Савельев, И. В. Курс физики [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по техн. и технолог. направлениям и специальностям : в 3 т. Т. 2. Электричество. Ко-

лебания и волны. Волновая оптика. – 4-е изд., стереотип. – Санкт-Петербург: Лань, 2008. – 480 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=347](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=347)

5. Савельев, И. В. Курс физики [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по техн. и технолог. направлениям и специальностям : в 3 т. Т. 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. – 3-е изд., стереотип. – Санкт-Петербург : Лань, 2007. – 320 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=349](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=349)

6. Чертов, А. Г. Задачник по физике : учеб. пособие для вузов / А. Г. Чертов, А. А. Воробьев. – 8-е изд., перераб. и доп. – Москва : Физматлит, 2007. – 640 с.

7. Фирганг, Е. В. Руководство к решению задач по курсу общей физики [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по техническим и технологическим направлениям и специальностям. – 4-е изд., испр. – Санкт-Петербург : Лань, 2009. – 352 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=405](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=405)

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1

1.1–1.5. Прямолинейное движение тела вдоль оси  $X$  описывается уравнением вида  $x = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ . Для момента времени  $t_1$  (табл. 1) определить координату, мгновенную скорость и мгновенное ускорение тела. Найти среднюю скорость тела (путевую и перемещения) и среднее ускорение за первые четыре секунды движения. На рисунке показать направление всех векторов.

Таблица 1

Задача	$A$	$B$	$C$	$D$	$t_1$
	м	м/с	м/с <sup>2</sup>	м/с <sup>3</sup>	с
1.1	1	–2	1	3	2
1.2	–2	3	2	–4	3
1.3	3	–4	3	5	1,5
1.4	–4	5	4	–2	2
1.5	5	–6	5	3	3

1.6–1.10. Колесо радиуса  $R$  вращается вокруг оси так, что зависимость угла поворота от времени имеет вид  $\varphi = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ . Определить угловую скорость, угловое ускорение, линейную скорость, нормальное, тангенциальное и полное ускорения точки, лежащей на ободе колеса, через время  $t_1$  (табл. 2) после начала движения. На рисунке показать направление всех векторов.

Таблица 2

Задача	$R$	$A$	$B$	$C$	$D$	$t_1$
	м	рад	рад/с	рад/с <sup>2</sup>	рад/с <sup>3</sup>	с
1.6	0,9	–1	4	1	–2	2,5
1.7	0,75	2	–5	2	6	3,5
1.8	0,5	–3	–6	3	5	2
1.9	0,35	4	–2	4	4	3
1.10	0,7	–5	3	2	–2	2

1.11–1.15. Тело массой  $m$  и радиусом  $R$  вращается относительно неподвижной оси  $Z$ . Зависимость угловой скорости  $\omega$  от времени  $t$  приведена на рис. 1.

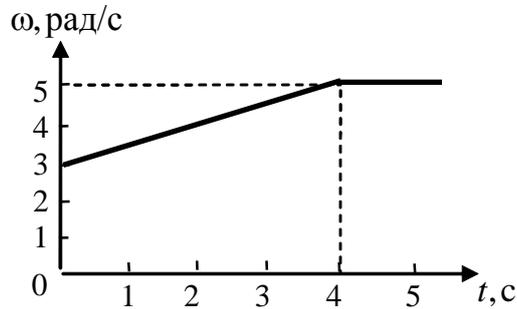
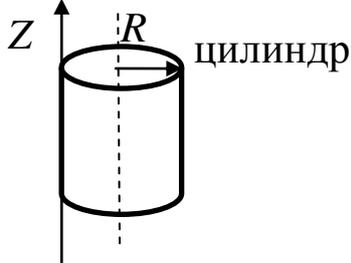
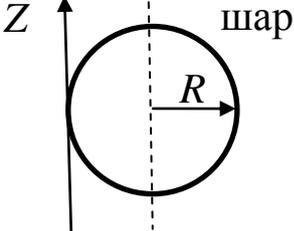
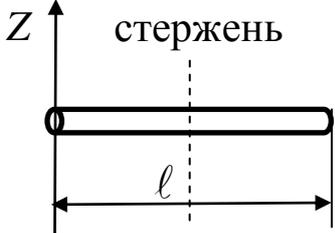
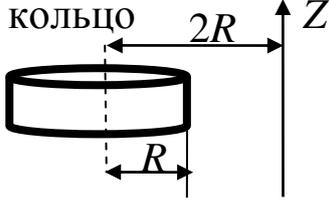


Рисунок 1

Для заданной формы тела и положения его относительно оси вращения (табл. 3) в момент времени  $t$  найти: проекцию момента импульса  $L_z$  тела, проекцию момента силы  $M_z$ , действующей на тело, кинетическую энергию  $W_k$ , тела, работу  $A$  момента силы за указанный промежуток времени  $\Delta t = t_2 - t_1$ .

Таблица 3

№ задачи	Форма тела, положение оси вращения	$m$ , кг	$R(\ell)$ , м	$t$ , с	$t_1$ , с	$t_2$ , с
1.11	 цилиндр	2	0,1	4	1	4
1.12	 шар	1	0,2	2	0	1,5
1.13	 стержень	0,5	1,5	3	1	3

№ задачи	Форма тела, положение оси вращения	$m$ , кг	$R(\ell)$ , м	$t$ , с	$t_1$ , с	$t_2$ , с
1.14		0,1	0,02	2	1	5
1.15		0,2	2	1	2	4

1.16–1.20. Тело массой  $m$  движется прямолинейно вдоль оси  $OX$ . Зависимость проекции скорости  $v_x$  от времени  $t$  приведена на рис. 2.

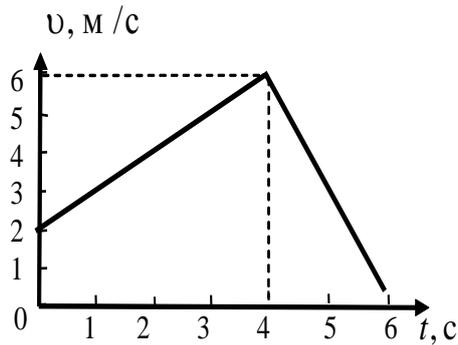


Рисунок 2

Для заданного момента времени  $t$  (табл. 4) найти проекцию импульса  $p_x$  тела, проекцию силы  $F_x$ , действующей на тело, кинетическую энергию  $W_k$  тела, работу  $A$  силы за указанный промежуток времени  $\Delta t = t_2 - t_1$ .

Таблица 4

№ задачи	$m$ , кг	$t$ , с	$t_1$ , с	$t_2$ , с
1.16	2	2	0	3
1.17	3	1	2	4
1.18	0,5	4	4	5
1.19	1,5	5	4	6
1.20	1,2	3	2	4

1.21. Тело массой  $m_1 = 0,5$  кг ударяется о неподвижное тело массой  $m_2 = 5$  кг, которое после удара начинает двигаться с кинетической энергией  $W_{к2} = 5$  Дж. Считая удар центральным и упругим, найти кинетическую энергию первого тела до и после удара.

1.22. Человек массой  $m_1 = 60$  кг, бегущий со скоростью  $v_1 = 2,5$  м/с, догоняет тележку массой  $m_2 = 80$  кг, движущуюся со скоростью  $v_2 = 0,8$  м/с, и вскакивает на неё. Найти кинетическую энергию тележки с человеком и время движения до полной остановки, если коэффициент трения при движении тележки  $\mu = 0,04$ .

1.23. Шар массой  $m_1 = 8$  кг сталкивается с шаром массой  $m_2 = 5$  кг. Скорость первого шара  $v_1 = 4$  м/с, второго –  $v_2 = 12$  м/с. Найти скорость шаров после удара и их кинетическую энергию, если шары движутся навстречу друг другу. Удар считать прямым, центральным, неупругим.

1.24. На железной платформе установлено орудие. Масса платформы с орудием  $m_1 = 1,5 \cdot 10^3$  кг. Орудие стреляет под углом  $\varphi = 60^\circ$  к горизонту в направлении железнодорожного пути. Какую кинетическую энергию получает орудие с платформой вследствие отдачи, если масса снаряда  $m_2 = 30$  кг, и он вылетает со скоростью 500 м/с?

1.25. Масса снаряда  $m_1 = 10$  кг, масса ствола орудия  $m_2 = 600$  кг. При выстреле снаряд получает кинетическую энергию  $W_{к1} = 1,8 \cdot 10^6$  Дж. Определить кинетическую энергию, получаемую стволом орудия вследствие отдачи?

1.26. Стержень длиной  $\ell = 1,5$  м и массой  $m = 10$  кг может вращаться вокруг неподвижной оси, проходящей через верхний конец стержня. В середине стержня застревает пуля массой  $m_1 = 10$  г, летевшая в горизонтальном направлении со скоростью  $v_1 = 500$  м/с. На какой угол  $\varphi$  отклонится стержень после удара?

1.27. Человек стоит на скамье Жуковского и ловит рукой мяч массой  $m = 0,4$  кг, летящий в горизонтальном направлении со скоростью  $v = 20$  м/с. Траектория мяча проходит на расстоянии  $\ell = 0,8$  м от вертикальной оси  $Z$  вращения скамьи. С какой угловой скоростью  $\omega$  начнет вращаться скамья Жуковского с человеком, поймавшим мяч? Считать, что суммарный момент

инерции человека и скамьи  $J_Z = 6 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ .

1.28. На краю горизонтальной платформы, имеющей форму диска радиусом  $R = 2 \text{ м}$ , стоит человек. Масса платформы  $m_1 = 200 \text{ кг}$ , масса человека  $m_2 = 80 \text{ кг}$ . Платформа может вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через её центр. Найти угловую скорость  $\omega$  вращения платформы, если человек будет идти вдоль её края со скоростью  $v = 2 \text{ м/с}$  относительно Земли? Трением пренебречь.

1.29. Определить момент инерции проволочного равностороннего треугольника со стороной  $0,1 \text{ м}$  относительно оси, совпадающей с одной из сторон. Масса треугольника  $12 \text{ г}$  равномерно распределена по длине проволоки.

1.30. Три маленьких шарика массой  $m = 10 \text{ г}$  каждый расположены в вершинах равностороннего треугольника и скреплены между собой. Сторона треугольника  $a = 20 \text{ см}$ . Определить момент инерции относительно оси: 1) перпендикулярной плоскости треугольника и проходящей через центр описанной окружности; 2) лежащей в плоскости треугольника и проходящей через центр описанной окружности и одну из вершин треугольника. Массой стержней, соединяющих шары, пренебречь.

1.31. Вычислить момент инерции проволочного прямоугольника со сторонами  $a = 12 \text{ см}$ ,  $b = 16 \text{ см}$  относительно оси, лежащей в плоскости прямоугольника и проходящей через середины малых сторон. Масса равномерно распределена по длине проволоки с линейной плотностью  $\tau = 0,15 \text{ кг/м}$ .

1.32. Диаметр диска  $20 \text{ см}$ , масса  $800 \text{ г}$ . Определить момент инерции  $I$  диска относительно оси, проходящей через середину одного из радиусов перпендикулярно к плоскости диска.

1.33. Длина одной стороны плоской однородной прямоугольной пластины  $a = 40 \text{ см}$ , масса  $m = 800 \text{ г}$ . Найти момент инерции пластины относительно оси, совпадающей со второй её стороной.

1.34. Определить момент инерции тонкой плоской пластины со сторонами  $a = 10 \text{ см}$ ,  $b = 20 \text{ см}$  относительно оси, проходящей через центр тяжести пластины параллельно большей стороне. Масса пластины равномерно распределена по её площади с поверхностной плотностью  $\sigma = 0,1 \text{ кг/м}^2$ .

1.35. На конце тонкого стержня длиной  $\ell = 60$  см укреплен шарик массой  $m = 50$  г. Пренебрегая размерами шарика, определить момент инерции системы относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через его середину. Масса распределена вдоль стержня равномерно с линейной плотностью  $\tau = 0,1$  кг/м.

1.36. Тонкий стержень длиной  $\ell = 0,2$  м и массой, равномерно распределённой с линейной плотностью  $\tau = 0,2$  кг/м, согнут пополам под прямым углом. Определить момент инерции стержня относительно оси, проходящей через конец стержня и лежащей в плоскости изогнутого стержня.

1.37. Длина тонкого стержня  $\ell = 0,6$  м. Определить момент инерции стержня относительно оси, перпендикулярной к его длине и проходящей через точку стержня, удалённую на  $0,2$  м от одного из концов. Масса распределена равномерно с линейной плотностью  $\tau = 0,15$  кг/м.

1.38. Определить момент инерции проволочного равностороннего треугольника со стороной  $a = 10$  см относительно оси, лежащей в плоскости треугольника и проходящей через его вершину параллельно стороне, противоположной этой вершине. Масса треугольника равна  $12$  г и равномерно распределена по длине проволоки.

1.39. Платформа, имеющая форму диска, может вращаться около вертикальной оси. На краю платформы стоит человек массой  $m = 60$  кг. На какой угол  $\varphi$  повернется платформа массой  $m_1 = 240$  кг, если человек пойдет вдоль края платформы и, обойдя её, вернется в исходную точку на платформе?

1.40. Тонкий прямой стержень длиной  $\ell = 1$  м может вращаться вокруг неподвижной оси, проходящей через верхний конец стержня. Стержень отклонили на угол  $\varphi = 60^\circ$  от положения равновесия и отпустили. Определить линейную скорость  $v$  нижнего конца стержня в момент прохождения его через положение равновесия.

1.41. К стальному стержню длиной  $\ell = 3$  м и диаметром  $d = 2$  см подвешен груз массой  $m = 2,5 \cdot 10^3$  кг. Определить напряжение  $\sigma$  в стержне, относительное  $\varepsilon$  и абсолютное  $\Delta \ell$  удлинение стержня. Модуль Юнга для стали  $E = 200$  ГПа.

1.42. Какой наибольший груз может выдержать стальная проволока диаметром 1 мм, если предел упругости 294 МПа? Какую долю первоначальной длины составляет удлинение проволоки при этом грузе?

1.43. Пружина жёсткостью  $k = 500$  Н/м сжата силой 100 Н. Определить работу внешней силы, дополнительно сжимающей пружину ещё на  $\Delta\ell = 2$  см.

1.44. Какую работу  $A$  нужно совершить, чтобы пружину жёсткостью  $k = 800$  Н/м, сжатую на  $\Delta\ell_1 = 6$  см, дополнительно сжать на  $\Delta\ell_2 = 8$  см.

1.45. К вертикальной проволоке длиной  $\ell = 5$  м и площадью поперечного сечения  $S = 2$  мм<sup>2</sup> подвешен груз массой  $m = 5,1$  кг. В результате проволока удлинилась на  $\Delta\ell = 0,6$  мм. Найти модуль Юнга  $E$  материала проволоки.

1.46. Вода течёт в горизонтально расположенной трубе переменного сечения. Скорость  $v_1$  воды в широкой части трубы равна 20 см/с. Определить скорость  $v_2$  в узкой части трубы, диаметр  $d_2$  которой в 1,5 раза меньше диаметра  $d_1$  широкой части.

1.47. Нижнее основание железного цилиндра диаметром  $d = 20$  см и высотой  $h = 20$  см закреплено неподвижно. На верхнее основание цилиндра действует горизонтальная сила  $F = 20$  кН. Найти тангенциальное напряжение  $\tau$  в материале, угол  $\gamma$  сдвига и смещение  $\Delta x$  верхнего основания цилиндра. Модуль сдвига для железа  $G = 76$  ГПа.

1.48. Какой наибольший груз может выдержать стальная проволока диаметром  $d = 1$  мм, если предел упругости  $\sigma_{\text{упр}} = 294$  МПа? Какую долю первоначальной длины составляет удлинение проволоки при этом грузе?

1.49. Какая работа будет совершена силами гравитационного поля при падении на Землю из бесконечности тела массой  $m = 10$  кг, если масса Земли  $M_3 = 5,98 \cdot 10^{24}$  кг и её радиус  $R_3 = 6,37 \cdot 10^6$  м?

1.50. С высоты  $h = 1000$  км на поверхность Земли падает метеорит  $m = 30$  кг. Определить работу  $A$  сил гравитационного поля Земли, если известны ускорение свободного падения у поверхности Земли  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup> и радиус Земли  $R_3 = 6,37 \cdot 10^6$  м.

1.51. Определить импульс  $p$ , полную  $W$  и кинетическую  $W_k$  энергию нейтрона, движущегося со скоростью  $v = 0,6$  с.

1.52. Какую работу необходимо совершить, чтобы увеличить скорость частицы массой  $m_0$  от  $v_1 = 0,6$  с до  $v_2 = 0,8$  с? Сравнить полученный результат со значением, вычисленным по классической формуле.

1.53. Масса  $m$  движущегося электрона вдвое больше его массы покоя  $m_0$ . Найти кинетическую энергию  $W_k$  и импульс  $p$  электрона.

1.54. Найти скорость мезона, если его полная энергия  $W$  в 10 раз больше энергии покоя  $W_0$ .

1.55. Какую долю  $\beta$  скорости света должна составлять скорость  $v$  частицы, чтобы кинетическая энергия  $W_k$  частицы была равна её энергии покоя  $W_0$ ?

1.56. Синхрофазотрон даёт пучок протонов с кинетической энергией  $W_k = 10$  ГэВ. Какую долю  $\beta$  скорости света в вакууме составляет скорость  $v$  протонов в этом пучке?

1.57. Циклотрон даёт пучок электронов с кинетической энергией  $W_k = 0,67$  МэВ. Какова скорость  $v$  электронов в этом пучке?

1.58. Какую ускоряющую разность потенциалов  $\Delta\phi$  должен пройти электрон, чтобы его скорость составила 95 % скорости света в вакууме?

1.59. Какую ускоряющую разность потенциалов  $\Delta\phi$  должен пройти протон, чтобы его продольные размеры  $\ell$  стали меньше в два раза?

1.60. Кинетическая энергия электрона  $W_k = 0,8$  МэВ. Определить импульс  $p$  электрона.

1.61. Найти среднюю кинетическую энергию  $\langle \varepsilon_{вр} \rangle$  вращательного движения одной молекулы кислорода при температуре  $T = 350$  К, а также суммарную кинетическую энергию  $W_{вр}$  вращательного движения всех молекул, содержащихся в кислороде массой  $m = 4$  г.

1.62. Найти среднюю кинетическую энергию  $\langle \varepsilon_{вр} \rangle$  вращательного движения одной молекулы водорода, а также суммарную кинетическую энергию  $W_{вр}$  всех молекул, содержащихся

в одном моле водорода при температуре  $T = 190$  К.

1.63. Газ занимает объем  $V = 2$  л под давлением  $p = 5 \cdot 10^5$  Па. Определить суммарную кинетическую энергию  $W_{\text{п}}$  поступательного движения молекул газа.

1.64. Определить наиболее вероятную скорость  $v_{\text{в}}$  молекул газа при давлении  $p = 40$  кПа, если при данных условиях его плотность  $\rho = 0,35$  кг/м<sup>3</sup>.

1.65. Колба емкостью  $V = 4$  л содержит некоторый газ массой  $m = 0,6$  г под давлением  $p = 2 \cdot 10^5$  Па. Определить среднюю квадратичную скорость  $\langle v_{\text{кв}} \rangle$  молекул газа.

1.66. Коэффициент диффузии водорода при нормальных условиях  $D = 0,91$  см<sup>2</sup>/с. Определить коэффициент теплопроводности  $\lambda$  водорода.

1.67. Средняя длина  $\langle \ell \rangle$  свободного пробега атомов гелия при нормальных условиях равна  $1,8 \cdot 10^{-7}$  см. Определить коэффициент диффузии  $D$  гелия при этих условиях.

1.68. При нормальных условиях динамическая вязкость азота  $\eta = 17$  мкПа·с. Определить среднюю длину  $\langle \ell \rangle$  свободного пробега молекул газа.

1.69. Азот находится под давлением  $p = 100$  кПа при температуре  $T = 290$  К. Определить коэффициент диффузии  $D$  и коэффициент внутреннего трения  $\eta$ . Эффективный диаметр  $d$  молекул азота принять равным  $0,38$  нм.

1.70. Определить плотность  $\rho$  кислорода, если средняя длина свободного пробега его молекул  $\langle \ell \rangle = 0,1$  см.

1.71. Водород занимает объем  $V = 10$  м<sup>3</sup> при давлении  $10^5$  Па. Газ нагрели при постоянном объёме до давления  $3 \cdot 10^5$  Па. Определить изменение  $\Delta U$  внутренней энергии газа, работу  $A$ , совершаемую газом, и теплоту  $Q$ , сообщённую газу.

1.72. Кислород нагревается при неизменном давлении  $p = 8 \cdot 10^4$  Па, при этом его объем увеличивается от  $V_1 = 1$  м<sup>3</sup> до  $V_2 = 3$  м<sup>3</sup>. Определить изменение  $\Delta U$  внутренней энергии кислорода, работу  $A$ , совершаемую им при расширении, а также теплоту  $Q$ , сообщённую газу.

1.73. Азот нагревался при постоянном давлении, причем ему была сообщена теплота  $Q = 2,1 \cdot 10^5$  Дж. Какую работу  $A$  совершил

при этом газ? Каково было изменение  $\Delta U$  внутренней энергии?

1.74. Азот массой  $m = 0,1$  кг был изобарно нагрет от температуры  $T_1 = 200$  К до температуры  $T_2 = 400$  К. Определить работу  $A$ , совершенную газом, полученную им теплоту  $Q$  и изменение  $\Delta U$  внутренней энергии азота.

1.75. Объем водорода при изотермическом расширении ( $T = 300$  К) увеличился в  $n = 3$  раза. Определить работу  $A$ , совершенную газом, и теплоту  $Q$ , полученную им при этом. Масса водорода  $m = 200$  г.

1.76. При изотермическом расширении одного моля водорода, имевшего температуру  $T = 300$  К, затрачена теплота  $Q = 2$  кДж. Во сколько раз увеличился объем газа?

1.77. В цилиндре под поршнем находится азот массой 20 г. Газ был нагрет от температуры  $T_1 = 300$  К до температуры 450 К при постоянном давлении. Определить теплоту  $Q$ , переданную газу, совершенную газом работу  $A$  и приращение  $\Delta U$  внутренней энергии.

1.78. При изотермическом расширении водорода массой  $m = 1$  г объем газа увеличился в два раза. Определить работу  $A$  расширения, совершенную газом, если температура газа 300 К. Определить теплоту  $Q$ , переданную при этом газу.

1.79. 1 кмоль азота, находящегося при нормальных условиях, расширяется адиабатически от  $V_1$  до  $V_2 = 5V_1$ . Найти: 1) изменение внутренней энергии  $\Delta U$  газа; 2) работу  $A$ , совершенную при расширении.

1.80. При адиабатическом расширении кислорода с начальной температурой  $t_0 = 47$  °С внутренняя энергия уменьшилась на 8400 Дж. Определить массу  $m$  кислорода, если объем увеличился в 10 раз.

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2

2.1–2.10. На рис. 3 показано распределение точечных зарядов  $Q_i$ . Для заданных значений зарядов (табл. 5) определить силу, действующую на точечный заряд  $Q_0$ , помещенный в точку, указанную в последнем столбце, напряженность  $E$  и потенциал  $\Phi$  электростатического поля в этой точке.

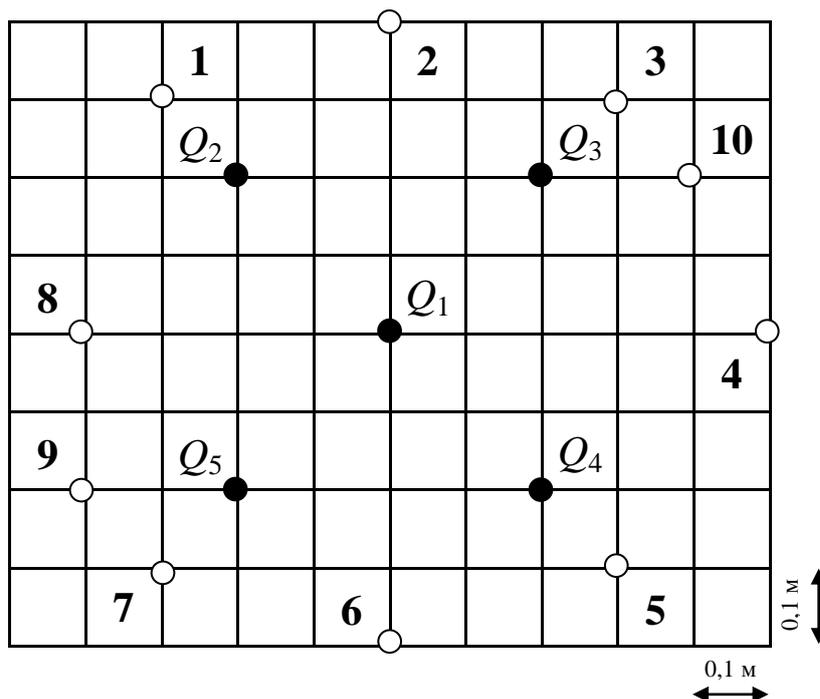


Таблица 5

№ задачи	$Q_1$ , нКл	$Q_2$ , нКл	$Q_3$ , нКл	$Q_4$ , нКл	$Q_5$ , нКл	$Q_0$ , нКл	Номер точки
2.1	-1	2	3	0	0	2	2
2.2	2	1	0	-4	0	1	1
2.3	2	3	0	0	-2	-0,5	8
2.4	0	0	0	-2	3	1	9
2.5	3	0	4	0	-1	2	7
2.6	-2	0	0	3	3	-1	6
2.7	1	2	0	-0,5	0	1	5
2.8	0	-4	2	0	0	0,5	10
2.9	3	0	-0,5	0	6	2	3
2.10	2	0	1	0	3	-2	4

2.11. Электрон, пройдя в плоском конденсаторе путь от одной пластины до другой, приобрел скорость  $v = 10^5$  м/с. Расстояние, между пластинами  $d = 8$  мм. Найти разность потенциалов  $\Delta\phi$  между пластинами и поверхностную плотность  $\sigma$  заряда на пластинах.

2.12. Электрон, имеющий в бесконечности кинетическую энергию  $W_k = 400$  эВ, движется вдоль силовой линии по направлению к поверхности металлической заряженной сферы радиусом  $R = 10$  см. Определить минимальное расстояние, на которое приблизится электрон к поверхности сферы, если заряд сферы  $Q = -10$  нКл.

2.13. Шарик с массой  $m = 1$  г и зарядом  $Q = 10$  нКл перемещается из точки 1, потенциал которой  $\phi_1 = 600$  В в точку 2, потенциал которой  $\phi_2 = 0$ . Найти его скорость  $v_1$  в точке 1, если в точке 2 она стала равной  $v_2 = 25$  см/с.

2.14. Какая работа совершается при перенесении точечного заряда  $Q = 20$  нКл из бесконечности в точку, находящуюся на расстоянии  $r = 1$  см от поверхности шара радиусом  $R = 1$  см, с поверхностной плотностью заряда  $\sigma = 10$  мкКл/м<sup>2</sup>?

2.15. Найти потенциал  $\phi$  точки поля, находящейся на расстоянии  $r = 10$  см от центра заряженного шара радиусом  $R = 1$  см. Задачу решить, если: а) задана поверхностная плотность заряда на шаре  $\sigma = 0,1$  мкКл/м<sup>2</sup>; б) задан потенциал шара  $\phi_0 = 300$  В.

2.16. К источнику напряжения  $U = 300$  В подключены два плоских конденсатора емкостью  $C_1 = 2$  пФ и  $C_2 = 3$  пФ. Определить заряд  $Q$  и разность потенциалов  $\Delta\phi$  на пластинах каждого конденсатора при последовательном и параллельном их соединении.

2.17. Определить энергию  $W$  и силу  $F$  притяжения обкладок плоского конденсатора при условии, что разность потенциалов между обкладками  $\Delta\phi = 5$  кВ, заряд каждой обкладки  $Q = 0,1$  мкКл, а расстояние  $d$  между обкладками 1 см.

2.18. К воздушному конденсатору, заряженному до разности потенциалов  $\Delta\phi_1 = 600$  В и отключенному от источника напряжения, присоединили параллельно второй незаряженный конденсатор таких же размеров и формы, но с диэлектриком (фарфор). Определить диэлектрическую проницаемость  $\epsilon$  фарфора, если после присоединения второго конденсатора разность потенциа-

лов уменьшилась до  $\Delta\varphi_2 = 100 \text{ В}$ .

2.19. Плоский конденсатор, расстояние  $d$  между обкладками которого  $2 \text{ см}$ , а площадь каждой обкладки  $S = 200 \text{ см}^2$ , зарядили до разности потенциалов  $\Delta\varphi = 220 \text{ В}$  и отключили от источника напряжения. Какую работу нужно совершить, чтобы увеличить расстояние между обкладками до  $6 \text{ см}$ ?

2.20. Плоский конденсатор с площадью пластины  $S = 200 \text{ см}^2$  каждая заряжен до разности потенциалов  $\Delta\varphi = 2 \text{ кВ}$ . Расстояние между пластинами  $d = 2 \text{ см}$ , диэлектрик – стекло. Определить энергию  $W$  электрического поля конденсатора и объемную плотность  $w$  энергии поля.

2.21. Катушка и амперметр соединены последовательно и подключены к источнику тока. К клеммам катушки присоединен вольтметр с сопротивлением  $R_B = 4 \text{ кОм}$ . Амперметр показывает силу тока  $I_A = 0,3 \text{ А}$ , вольтметр – напряжение  $U_B = 120 \text{ В}$ . Определить сопротивление  $R$  катушки.

2.22. Элемент с ЭДС  $6 \text{ В}$  и внутренним сопротивлением  $r = 1,5 \text{ Ом}$  замкнут на внешнее сопротивление  $R = 8,5 \text{ Ом}$ . Найти силу тока в цепи, падение напряжения на внешнем и внутреннем участках цепи, а также КПД элемента.

2.23. В цепь с напряжением  $U = 100 \text{ В}$  включили катушку с сопротивлением  $R_1 = 2 \text{ кОм}$  и вольтметр, соединенные последовательно. Показание вольтметра  $U_1 = 80 \text{ В}$ . Когда катушку заменили другой, вольтметр показал  $U_2 = 60 \text{ В}$ . Определить сопротивление  $R_2$  другой катушки.

2.24. При внешнем сопротивлении  $R_1 = 8 \text{ Ом}$  сила тока в цепи  $I_1 = 0,8 \text{ А}$ , при сопротивлении  $R_2 = 15 \text{ Ом}$  сила тока  $I_2 = 0,5 \text{ А}$ . Определить силу тока  $I_{\text{к.з.}}$  короткого замыкания источника ЭДС.

2.25. Внутреннее сопротивление гальванометра  $R_G = 680 \text{ Ом}$ . Как и какое сопротивление нужно подключить к нему, чтобы можно было измерить ток силой  $I = 2,5 \text{ А}$ ? Шкала гальванометра рассчитана на  $300 \text{ мкА}$ .

2.26. Внутреннее сопротивление гальванометра  $R_G = 720 \text{ Ом}$ , шкала его рассчитана на  $500 \text{ мкА}$ . Как и какое добавочное сопротивление нужно подключить, чтобы можно было измерить им напряжение, равное  $300 \text{ В}$ ?

2.27. Источник постоянного тока один раз подсоединяют к катушке сопротивлением  $R_1 = 9 \text{ Ом}$ , другой раз к катушке сопротивлением  $R_2 = 16 \text{ Ом}$ . Количество теплоты, выделяющееся на катушках за одно и то же время, в обоих случаях одинаково. Определить внутреннее сопротивление источника тока.

2.28. Сила тока в проводнике сопротивлением  $R = 10 \text{ Ом}$  равномерно убывает от значения  $I_0 = 20 \text{ А}$  до  $I = 5 \text{ А}$  в течение времени  $t = 10 \text{ с}$ . Определить теплоту  $Q$ , выделившуюся в этом проводнике за указанный промежуток времени.

2.29. Сила тока в проводнике равномерно увеличивается от нуля до некоторого максимального значения в течение времени  $\Delta t = 20 \text{ с}$ . За это время в проводнике выделилась теплота  $Q = 4 \text{ кДж}$ . Определить скорость  $\Delta I / \Delta t$  нарастания тока в проводнике, если его сопротивление  $R = 5 \text{ Ом}$ .

2.30. Ток в проводнике сопротивлением  $R = 10 \text{ Ом}$  за время  $t = 50 \text{ с}$  равномерно нарастает от  $I_1 = 5 \text{ А}$  до  $I_2 = 10 \text{ А}$ . Определить теплоту  $Q$ , выделившуюся за это время в проводнике.

2.31. Два круговых витка расположены во взаимно перпендикулярных плоскостях так, что центры этих витков совпадают. Радиус каждого витка  $2 \text{ см}$ , токи в витках  $I_1 = I_2 = 5 \text{ А}$ . Найти индукцию  $\vec{B}$  магнитного поля в центре витков. Решение пояснить рисунком.

2.32. Из проволоки длиной  $\ell = 1 \text{ м}$  сделана квадратная рамка. По рамке течёт ток  $I = 10 \text{ А}$ . Найти индукцию  $\vec{B}$  магнитного поля в центре рамки. Решение пояснить рисунком.

2.33. Два круговых витка радиусом  $R = 4 \text{ см}$  каждый расположены в параллельных плоскостях на расстоянии  $d = 5 \text{ см}$  друг от друга. По виткам текут токи  $I_1 = I_2 = 4 \text{ А}$ . Найти напряжённость  $\vec{H}$  магнитного поля в центре одного из витков. Задачу решить для случаев, если: а) токи в витках текут в одном направлении; б) токи в витках текут в противоположных направлениях. Решение пояснить рисунком.

2.34. Два круговых витка радиусом  $R = 4 \text{ см}$  каждый расположены в параллельных плоскостях на расстоянии  $d = 10 \text{ см}$  друг от друга. По виткам текут токи  $I_1 = I_2 = 2 \text{ А}$ . Найти напряжённость  $\vec{H}$  магнитного поля на оси витков в точке, находящейся на равном расстоянии от них. Задачу решить для случая, если: а) токи в витках текут в одном направлении; б) токи в витках текут в противо-

положительных направлениях. Решение пояснить рисунком.

2.35. Напряжённость магнитного поля в центре кругового витка  $H_0 = 64$  А/м. Радиус витка  $R = 11$  см. Найти напряжённость  $\vec{H}$  магнитного поля на оси витка на расстоянии  $d = 10$  см от его плоскости. Решение пояснить рисунком.

2.36. По двум длинным параллельным проводам текут в одинаковом направлении токи  $I_1 = 10$  А и  $I_2 = 25$  А. Расстояние между проводами  $d = 10$  см. Определить индукцию  $\vec{B}$  магнитного поля в точке, удаленной от первого проводника на расстояние  $r_1 = 15$  см и от второго на расстояние  $r_2 = 6$  см. Решение пояснить рисунком.

2.37. Ток  $I = 20$  А течет по длинному проводнику, согнутому под прямым углом. Определить напряженность магнитного поля  $\vec{H}$  в точке, лежащей на биссектрисе прямого угла и отстоящей от вершины угла на расстоянии 10 см. Решение пояснить рисунком.

2.38. По двум бесконечно длинным прямолинейным проводникам, расположенным параллельно друг другу на расстоянии 10 см, текут токи силой 0,5 А и 10 А. Определить магнитную индукцию  $\vec{B}$  поля в точке, удаленной на расстояние 10 см, от каждого проводника. Ток в проводниках имеет одно направление. Решение пояснить рисунком.

2.39. По контуру в виде равностороннего треугольника течет ток  $I = 40$  А. Сторона треугольника  $a = 30$  см. Определить магнитную индукцию  $\vec{B}$  в точке пересечения высот. Решение пояснить рисунком.

2.40. По тонкому проводнику, изогнутому в виде правильного шестиугольника со стороной  $a = 10$  см, течет ток силой  $I = 20$  А. Определить магнитную индукцию  $\vec{B}$  в центре шестиугольника. Решение пояснить рисунком.

2.41. Внутри длинного соленоида перпендикулярно его оси расположен проводник длиной  $\ell = 5$  см с током  $I_1 = 10$  А. Какая сила действует на проводник, если соленоид имеет 25 витков на сантиметр длины и по его обмотке течет ток  $I_2 = 5$  А?

2.42. Как нужно расположить прямолинейный алюминиевый проводник в однородном горизонтальном магнитном поле с индукцией  $B = 0,04$  Тл и какой ток пропустить по нему, чтобы проводник находился в равновесии. Радиус проводника  $r = 1$  мм.

2.43. Проводник в виде  $1/3$  кольца расположен в однородном магнитном поле с индукцией  $0,01$  Тл перпендикулярно силовым линиям поля. По проводнику течёт ток  $5$  А. Длина проводника  $\ell = 20$  см. Определить силу, действующую на проводник.

2.44. По трем параллельным прямым проводам, находящимся на одинаковом расстоянии  $d = 20$  см друг от друга, текут токи  $I = 400$  А. Направления токов совпадают в двух проводах. Вычислить силу  $F/\ell$ , действующую на единицу длины каждого провода.

2.45. Квадратная проволочная рамка расположена в одной плоскости с длинным прямым проводом так, что две её стороны параллельны проводу. По рамке и проводу текут одинаковые токи силой  $I = 200$  А. Определить силу  $F$ , действующую на рамку, если ближайшая к проводу сторона рамки находится от него на расстоянии, равном её длине.

2.46. Два прямолинейных длинных параллельных проводника находятся на расстоянии  $d_1 = 5$  см друг от друга. По проводникам в одном направлении текут токи  $I_1 = 20$  А и  $I_2 = 30$  А. Какую работу  $A/\ell$  на единицу длины проводника надо совершить, чтобы раздвинуть их до расстояния  $d_2 = 15$  см?

2.47. Протон и электрон, двигаясь с одинаковой скоростью  $v$ , влетают в однородное магнитное поле. Во сколько раз радиус кривизны  $R_p$  траектории протона больше радиуса кривизны  $R_e$  траектории электрона?

2.48. Электрон, обладающий кинетической энергией  $W_k = 0,5$  кэВ, пролетает в вакууме сквозь однородное магнитное поле напряженностью  $H = 1$  кА/м перпендикулярно полю. Определить скорость  $v$  электрона, силу  $F_{\text{Л}}$  Лоренца и радиус  $R$  траектории его движения.

2.49. Найти кинетическую энергию  $W_k$  (в электрон-вольтах) протона, движущегося по дуге окружности радиусом  $R = 6$  см в магнитном поле с индукцией  $B = 1$  Тл.

2.50. Заряженная частица движется в магнитном поле по окружности радиуса  $R = 4$  см со скоростью  $v = 10^6$  м/с. Индукция магнитного поля  $B = 0,3$  Тл. Найти заряд  $Q$  частицы, если известно, что ее кинетическая энергия  $W_k = 12$  кэВ.

2.51. В однородном магнитном поле напряженностью  $H = 80$  кА/м помещена квадратная рамка, плоскость которой со-

ставляет с направлением магнитного поля угол  $\varphi = 30^\circ$ . Сторона рамки  $a = 4$  см. Найти магнитный поток  $\Phi$ , пронизывающий рамку.

2.52. В средней части соленоида, содержащего 10 витков на каждый сантиметр длины, помещён круговой виток диаметром  $d = 1$  см. Плоскость витка расположена под углом  $\varphi = 30^\circ$  к оси соленоида. Определить магнитный поток  $\Phi$ , пронизывающий виток, если по обмотке соленоида течет ток  $I = 10$  А.

2.53. Плоский контур площадью  $S = 16$  см<sup>2</sup> находится в однородном магнитном поле индукцией  $B = 25$  мТл. Определить магнитный поток  $\Phi$ , пронизывающий контур, если плоскость его составляет угол  $\varphi = 60^\circ$  с направлением линий индукции.

2.54. На длинный картонный каркас диаметром  $D = 2$  см плотно уложена однослойная обмотка из проволоки диаметром  $d = 0,5$  мм. Определить магнитный поток  $\Phi$ , создаваемый таким соленоидом при силе тока  $I = 4$  А.

2.55. Кольцо радиусом  $R = 10$  см находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 300$  мТл. Плоскость кольца составляет угол  $\varphi = 30^\circ$  с линиями индукции магнитного поля. Вычислить магнитный поток  $\Phi$ , пронизывающий кольцо.

2.56. Виток, в котором поддерживается постоянная сила тока  $I = 50$  А, свободно установился в однородном магнитном поле индукцией  $B = 0,025$  Тл. Диаметр витка  $d = 20$  см. Какую работу  $A$  нужно совершить для того, чтобы повернуть виток относительно оси, совпадающей с диаметром, на угол  $\varphi = 120^\circ$ ?

2.57. Виток радиусом  $R = 10$  см, по которому течет ток силой  $I = 20$  А, свободно установился в однородном магнитном поле напряженностью  $H = 10^3$  А/м. Виток повернули относительно диаметра на угол  $\varphi = 60^\circ$ . Определить совершенную работу.

2.58. По проводнику, согнутому в виде квадрата со стороной  $a = 10$  см, течет ток  $I = 20$  А. Плоскость квадрата перпендикулярна магнитным силовым линиям поля. Определить работу  $A$ , которую необходимо совершить для того, чтобы удалить проводник за пределы поля. Магнитная индукция  $B = 0,15$  Тл. Поле считать однородным.

2.59. Виток радиусом  $R = 5$  см с током  $I = 2$  А помещен в однородное магнитное поле напряженностью  $H = 5 \cdot 10^3$  А/м так, что нормаль к витку составляет угол  $\alpha = 60^\circ$  с направлением си-

ловых линий магнитного поля. Какую работу  $A$  совершат силы поля при повороте рамки в устойчивое положение?

2.60. Квадратная рамка со стороной  $a = 4$  см, содержащая  $N = 100$  витков, помещена в однородное магнитное поле напряженностью  $H = 100$  А/м. Направление силовых линий магнитного поля составляет угол  $\alpha = 30^\circ$  с нормалью к плоскости рамки. Определить работу, совершаемую при повороте рамки в положение, при котором ее плоскость совпадает с направлением силовых линий.

2.61. Соленоид содержит  $N = 600$  витков. Сердечник из немагнитного материала имеет сечение  $S = 8$  см<sup>2</sup>. По обмотке течет ток, создающий поле с индукцией  $B = 5$  мТл. Определить среднее значение ЭДС самоиндукции, которая возникает в соленоиде, если ток уменьшается до нуля за время  $t = 0,4$  мс.

2.62. Рамка площадью  $S = 50$  см<sup>2</sup>, содержащая  $N = 1500$  витков, равномерно вращается в магнитном поле напряженностью  $H = 10^5$  А/м, делая  $n = 960$  об/мин. Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям напряженности. Определить максимальную ЭДС индукции, возникающую в рамке.

2.63. В электрической цепи, содержащей сопротивление  $R = 10$  Ом и индуктивность  $L = 5$  мГн, течет ток  $I_0 = 6$  А. Определить силу тока  $I$  в этой цепи через  $\Delta t = 0,36$  мс после отключения источника тока.

2.64. Источник тока замкнули на катушку с сопротивлением  $R = 20$  Ом и индуктивностью  $L = 0,4$  Гн. Через сколько времени  $\Delta t$  сила тока в цепи достигнет 95% предельного значения?

2.65. Сила тока в соленоиде равномерно возрастает от  $I_1 = 1$  А до  $I_2 = 10$  А за  $\Delta t = 1$  мин, при этом соленоид накапливает энергию  $W = 20$  Дж. Какая ЭДС индуцируется в соленоиде?

2.66. Однослойный соленоид без сердечника длиной  $\ell = 20$  см и диаметром  $D = 4$  см имеет плотную обмотку медным проводом диаметром  $d = 0,1$  мм. За время  $\Delta t = 0,1$  с сила тока в нем равномерно убывает  $I_0 = 5$  А до  $I_1 = 0$ . Определить ЭДС самоиндукции в соленоиде.

2.67. Обмотка соленоида имеет сопротивление  $R = 10$  Ом. Какова его индуктивность, если при прохождении тока за время  $\Delta t = 0,05$  с в нем выделяется количество теплоты, эквивалентное энергии магнитного поля соленоида?

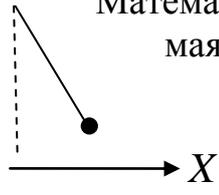
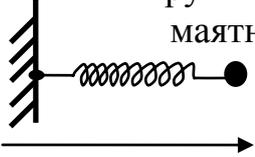
2.68. В плоскости, перпендикулярной силовым линиям магнитного поля напряженностью  $H = 2 \cdot 10^5$  А/м, относительно оси, проходящей через его середину, вращается стержень  $\ell = 0,4$  м. В стержне индуцируется ЭДС, равная 0,2 В. Определить угловую скорость вращения стержня.

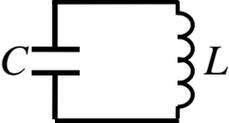
2.69. На концах крыльев самолета с размахом  $\ell = 20$  м, летящего со скоростью  $v = 900$  км/ч, возникает ЭДС индукции, равная 0,06 В. Определить вертикальную составляющую напряженности магнитного поля Земли.

2.70. По обмотке соленоида с параметрами: число витков  $N = 1000$ , диаметр  $D = 0,04$  м, течет ток  $I = 0,5$  А. Определить потокосцепление и объемную плотность энергии соленоида.

2.71-2.80. Система (табл. 6) совершает гармонические колебания с амплитудой  $A$ . Определить период  $T$  и циклическую частоту  $\omega$  колебаний, записать уравнение гармонических колебаний, если начальная фаза  $\Phi_0$ , определить полную энергию  $W$  системы.

Таблица 6

№ задачи	Тип системы	Амплитуда	Характеристики системы	$\Phi_0$ , рад
2.71	 <p>Математический маятник</p>	$x_m = 2$ см	$\ell = 0,8$ м $m = 10$ г	$\frac{\pi}{4}$
2.72		$x_m = 1,5$ см	$\ell = 0,8$ м $m = 30$ г	$\frac{\pi}{3}$
2.73	 <p>Физический маятник</p>	$\alpha_m = 5^\circ$	$\ell = 0,2$ м $m = 0,3$ кг	$\frac{\pi}{3}$
2.74		$\alpha_m = 4^\circ$	$\ell = 0,8$ м $m_{\text{ст}} = 100$ г	$\frac{\pi}{2}$
2.75	 <p>Пружинный маятник</p>	$x_m = 1$ см	$k = 120$ Н/м $m = 50$ г	0
2.76		$x_m = 0,5$ см	$k = 110$ Н/м $m = 40$ г	$\frac{3\pi}{4}$

№ задачи	Тип системы	Амплитуда	Характеристики системы	$\varphi_0$ , рад
2.77	Колебательный контур 	$Q_m = 2$ мкКл	$C = 4$ мкФ $L = 1$ мГн	$\frac{\pi}{2}$
2.78		$Q_m = 3$ мкКл	$C = 0,15$ мкФ $L = 2$ мГн	0
2.79		$Q_m = 10$ мкКл	$C = 2$ мкФ $L = 3$ мГн	$\frac{\pi}{3}$
2.80		$Q_m = 1$ мкКл	$C = 0,5$ мкФ $L = 0,5$ мГн	$\frac{\pi}{4}$

### КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 3

3.1–3.5. Плоская волна распространяется вдоль прямой  $OX$  со скоростью  $v$  (табл. 7). Две точки, находящиеся на расстояниях  $x_1$  и  $x_2$  от источника, колеблются с разностью фаз  $\Delta\varphi$ , амплитудой  $y_m$  и периодом колебаний  $T$ . Для этой волны найти длину волны  $\lambda$ , циклическую частоту  $\omega$ , записать уравнение волны  $y(t)$ , определить смещение  $y_1$  и  $y_2$  точек в момент времени  $t$ .

Таблица 7

№ задачи	$v$ , м/с	$x_1$ , м	$x_2$ , м	$y_m$ , м	$\Delta\varphi$ , рад	$t$ , с
3.1	20	12	15	0,1	$(3/4)\pi$	1,2
3.2	20	60	70	0,02	$2\pi$	4
3.3	720	6,0	8,7	0,5	$\pi/4$	$10^{-3}$
3.4	10	5	5,5	0,04	$\pi/5$	1
3.5	15	30	36	0,02	$\pi/2$	3

3.6–3.10. В однородной изотропной среде с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon$  (табл. 8) и магнитной проницаемостью  $\mu = 1$  распространяется плоская электромагнитная волна с амплитудой напряженности  $E_m$  электрического поля и циклической частотой  $\omega$ . Определить для этой волны фазовую скорость  $v$ , длину волны  $\lambda$ , волновое число  $k$ , амплитуду напряженности  $H_m$  магнитного поля и плотность потока энергии  $S_m$ .

Таблица 8

№ задачи	$\varepsilon$	$\omega$ , рад/с	$E_m$ , В/м
3.6	2	$2\pi \cdot 10^8$	28
3.7	4	$\pi \cdot 10^8$	10
3.8	1	$(\pi/2) \cdot 10^8$	20
3.9	81	$(\pi/4) \cdot 10^8$	0,01
3.10	7	$(\pi/3) \cdot 10^8$	0,1

3.11. Расстояние  $d$  между двумя щелями в опыте Юнга равно 1 мм, расстояние от щелей до экрана равно  $L = 3$  м. Определить длину волны  $\lambda$ , испускаемую источником монохроматического света, если ширина полос интерференции на экране  $\Delta x = 1,7$  мм.

3.12. На мыльную пленку падает белый свет под углом  $\alpha = 45^\circ$  к поверхности пленки. При какой наименьшей толщине  $d_{\min}$  пленки отраженные лучи будут окрашены в желтый цвет ( $\lambda = 600$  нм). Показатель преломления мыльной воды 1,33.

3.13. Пучок света видимого диапазона (от 400 нм до 700 нм) падает нормально на стеклянную пластинку толщиной  $d = 0,4$  мкм и показателем преломления  $n = 1,5$ . Какие длины волн, лежащие в пределах видимого спектра, усиливаются в отраженном пучке?

3.14. На стеклянный клин нормально к его грани падает монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 440$  нм. Число интерференционных полос на 1 см верхней поверхности клина равно 11. Определить преломляющий угол  $\theta$  клина.

3.15. Между стеклянной пластинкой и лежащей на ней плосковыпуклой стеклянной линзой налита жидкость, показатель преломления которой меньше показателя преломления стекла. Радиус  $r_8$  восьмого темного кольца Ньютона при наблюдении в отраженном свете ( $\lambda = 630$  нм) равен 2 мм. Радиус  $R$  кривизны выпуклой поверхности линзы равен 0,8 м. Найти показатель преломления  $n$  жидкости.

3.16. Определить радиусы второй и третьей зон Френеля, если расстояния от точечного источника света ( $\lambda = 0,63$  мкм) до волновой поверхности и от волновой поверхности до точки наблюдения равны 1,5 м.

3.17. На щель шириной  $6\lambda$  падает нормально параллельный пучок монохроматического света с длиной волны  $\lambda$ . Под каким углом  $\varphi$  будет наблюдаться третий дифракционный минимум?

3.18. На диафрагму с круглым отверстием  $d = 5$  мм падает нормально параллельный пучок света с длиной волны  $\lambda = 0,66$  мкм. Определить расстояние от точки наблюдения до отверстия, если отверстие открывает: 1) две зоны Френеля; 2) три зоны Френеля.

3.19. Определить период  $d$  дифракционной решетки, если при наблюдении в монохроматическом свете ( $\lambda = 0,6$  мкм) мак-

симум пятого порядка отклонён на  $\varphi_1 = 18^\circ$ . Под каким углом  $\varphi_2$  будет наблюдаться шестой максимум?

3.20. Дифракционная решетка содержит 200 штр/мм. На решетку падает нормально монохроматический свет ( $\lambda = 0,63$  мкм). Максимум какого наибольшего порядка дает эта решетка?

3.21. Угол преломления луча в жидкости  $\gamma = 35^\circ$ . Определить показатель преломления  $n$  жидкости, если известно, что отражённый луч максимально поляризован.

3.22. Луч света переходит из глицерина в стекло так, что луч, отражённый от границы раздела этих сред, оказывается максимально поляризованным. Определить угол между падающим и преломлённым лучами.

3.23. Предельный угол полного внутреннего отражения для некоторого вещества равен  $\gamma = 45^\circ$ . Найти для этого вещества угол  $\alpha_{\text{бр}}$  полной поляризации.

3.24. Естественный свет проходит через поляризатор и анализатор, поглощающие и отражающие 8 % падающего на них света. Интенсивность луча, вышедшего из анализатора, равна 9 % интенсивности естественного света, падающего на поляризатор. Найти угол  $\varphi$  между плоскостями пропускания поляризатора и анализатора.

3.25. Пучок света последовательно проходит через два николя, плоскости пропускания которых образуют между собой угол  $\varphi = 40^\circ$ . Принимая, что коэффициент поглощения  $k$  каждого николя равен 0,15, найти, во сколько раз пучок света, выходящий из второго николя, ослаблен по сравнению с пучком, падающим на первый николь.

3.26. Угол  $\varphi$  между плоскостями пропускания поляроидов равен  $50^\circ$ . Естественный свет, проходя через такую систему, ослабляется в  $n = 8$  раз. Пренебрегая потерей света при отражении, определить коэффициент поглощения  $k$  света в поляроидах.

3.27. На сколько процентов уменьшается интенсивность естественного света после прохождения его через призму Николя, если потери на поглощение и отражение составляют 10 %?

3.28. Кварцевую пластинку поместили между скрещенными николями. При какой наименьшей толщине  $d_{\text{min}}$  кварцевой пла-

стины поле зрения между николями будет максимально просветленно? Постоянная вращения кварца равна  $\alpha = 27$  град/мм.

3.29. Плоскополяризованный монохроматический луч света падает на поляроид и полностью им гасится. Когда на пути луча поместили кварцевую пластину, интенсивность луча света после поляроида стала равна половине интенсивности луча, падающего на поляроид. Определить толщину  $d$  кварцевой пластины. Постоянная вращения кварца равна  $\alpha = 27$  град/мм.

3.30. Пластинку кварца толщиной  $d = 2$  мм поместили между параллельными николями, в результате чего плоскость поляризации монохроматического света повернулась на угол  $\varphi = 53^\circ$ . Какой наименьшей толщины  $d_{\min}$  следует взять пластинку, чтобы поле зрения поляриметра стало совершенно тёмным?

3.31. Черное тело имеет температуру  $T_1 = 500$  К. Какова будет температура  $T_2$  тела, если в результате нагревания поток излучения увеличится в  $n = 5$  раз?

3.32. Температура черного тела  $T = 2$  кК. Определить длину волны  $\lambda_m$ , на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости  $r_{\lambda,T}$ , и спектральную плотность  $r_{\lambda,T}^{\max}$  энергетической светимости для этой длины волны.

3.33. Определить температуру  $T$  и энергетическую светимость  $R_e$  черного тела, если максимум спектральной плотности энергетической светимости  $r_{\lambda,T}^{\max}$  приходится на длину волны  $\lambda_m = 600$  нм.

3.34. Из смотрового окошечка печи излучается поток  $\Phi_e = 4$  кДж/мин. Определить температуру  $T$  печи, если площади окошечка  $S = 8$  см<sup>2</sup>.

3.35. Поток излучения черного тела  $\Phi_e = 10$  кВт. Максимум спектральной плотности энергетической светимости  $r_{\lambda,T}^{\max}$  приходится на длину волны  $\lambda_m = 0,8$  мкм. Определить площадь  $S$  излучающей поверхности.

3.36. Как и во сколько раз изменится поток излучения черного тела, если максимум спектральной плотности энергетической светимости  $r_{\lambda,T}^{\max}$  переместится с красной границы видимого спектра ( $\lambda_{m1} = 780$  нм) на фиолетовую ( $\lambda_{m2} = 390$  нм)?

3.37. Муфельная печь, потребляющая мощность  $P = 1,2$  кВт, имеет отверстие площадью  $S = 150$  см<sup>2</sup>. Определить долю мощности, рассеиваемой стенками печи, если температура ее внутренней поверхности равна 1 кК.

3.38. Средняя энергетическая светимость  $\langle R_e \rangle$  поверхности Земли равна 0,54 Дж/(см<sup>2</sup>·мин). Какова должна быть температура  $T$  поверхности Земли, если условно считать, что она излучает как серое тело с коэффициентом черноты  $a_T = 0,25$ ?

3.39. Исследование спектра излучения Солнца показывает, что максимум спектральной плотности энергетической светимости соответствует длине волны  $\lambda = 500$  нм. Принимая Солнце за чёрное тело, определить энергетическую светимость  $R_e$  Солнца и поток  $\Phi_e$  излучаемой им энергии.

3.40. Максимальная спектральная плотность энергетической светимости чёрного тела  $r_{\lambda, T}^{\max} = 4,16 \cdot 10^{11}$  Вт/м<sup>3</sup>. На какую длину волны  $\lambda_{\max}$  она приходится?

3.41. На поверхность металла падают монохроматические лучи с длиной волны  $\lambda = 0,1$  мкм. Красная граница фотоэффекта  $\lambda_0 = 0,3$  мкм. Какая доля энергии фотона расходуется на сообщение электрону кинетической энергии?

3.42. На металлическую пластину направлен пучок ультрафиолетовых лучей (0,25 мкм). Фототок прекращается при минимальной задерживающей разности потенциалов  $\Delta U_3 = 0,96$  В. Определить работу выхода  $A$  электронов из металла.

3.43. На фотоэлемент с катодом из лития падают лучи с длиной волны  $\lambda = 200$  нм. Найти наименьшее значение задерживающей разности потенциалов  $\Delta U_3$ , которую нужно приложить к фотоэлементу, чтобы прекратить фототок.

3.44. Красная граница фотоэффекта для цинка  $\lambda_0 = 310$  нм. Определить максимальную кинетическую энергию  $W_k^{\max}$  фотоэлектронов в электрон-вольтах, если на цинк падают лучи с длиной волны  $\lambda = 200$  нм.

3.45. Фотон с энергией  $\epsilon_{\text{ф}} = 10$  эВ падает на серебряную пластину и вызывает фотоэффект. Определить импульс  $p$ , полученный пластиной, если принять, что скорости движения фотона и фотоэлектрона лежат на одной прямой, перпендикулярной

поверхности пластин.

3.46. На поверхность площадью  $S = 100 \text{ см}^2$  в единицу времени падает световая энергия  $1,05 \text{ Дж/с}$ . Найти давление света, если поверхность полностью отражает и полностью поглощает падающее на неё лучи.

3.47. Монохроматический пучок света ( $\lambda = 490 \text{ нм}$ ) при нормальном падении на поверхность, производит световое давление  $p = 4,9 \text{ мкПа}$ . Какое количество фотонов падает в единицу времени на единицу площади этой поверхности? Коэффициент отражения  $0,25$ .

3.48. Давление света, производимое на зеркальную поверхность, равно  $60 \text{ мПа}$ . Определить концентрацию фотонов вблизи поверхности, если длина волны  $\lambda$  света, падающего на поверхность, равна  $0,63 \text{ мкм}$ .

3.49. На зеркальную поверхность площадью  $6,4 \text{ см}^2$  падает нормально поток излучения  $\Phi_e = 1,8 \text{ Вт}$ . Определить давление  $p$  и силу давления  $F$  света на эту поверхность.

3.50. Давление света с длиной волны  $\lambda = 520 \text{ нм}$ , падающего нормально на зачернённую поверхность, равно  $4 \text{ нПа}$ . Определить число  $N$  фотонов, падающих за  $t = 1 \text{ мин}$  на площадь  $S = 5 \text{ мм}^2$  этой поверхности.

3.51. В результате эффекта Комптона на свободных электронах фотон с энергией  $\varepsilon_1 = 1,02 \text{ МэВ}$  был рассеян на угол  $\theta = 150^\circ$ . Определить энергию рассеянного фотона  $\varepsilon_2$ .

3.52. Фотон с энергией  $\varepsilon_1 = 0,25 \text{ МэВ}$  рассеялся на свободном электроном. Энергия рассеянного фотона  $\varepsilon_2 = 0,2 \text{ МэВ}$ . Определить угол рассеяния  $\theta$ .

3.53. Какая доля энергии фотона приходится при эффекте Комптона на электрон отдачи, если рассеяние фотона происходит на угол  $\theta = \pi/2$ . Энергия фотона до рассеяния  $\varepsilon_1 = 0,51 \text{ МэВ}$ .

3.54. Определить импульс  $p_e$  электрона отдачи, если фотон с энергией  $\varepsilon_1 = 1,53 \text{ МэВ}$  в результате рассеяния на свободном электроном потерял  $1/3$  своей энергии.

3.55. Фотон при эффекте Комптона на свободном электроном был рассеян на угол  $\theta = 90^\circ$ . Определить импульс  $p_e$  электрона отдачи, если энергия фотона до рассеяния была равна  $\varepsilon_1 = 1,02 \text{ МэВ}$ .

3.61. Найти дебройлевскую длину  $\lambda$  для электрона, движущегося по круговой орбите атома водорода, находящегося в основном состоянии.

3.62. Определить длину волны  $\lambda$  де Бройля электронов, бомбардирующих антикатод рентгеновской трубки, если граница сплошного рентгеновского спектра приходится на длину волны  $\lambda = 3$  нм.

3.63. Электрон движется по окружности радиусом  $R = 0,5$  см в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 8$  мТл. Определить длину волны  $\lambda$  де Бройля электрона.

3.64. Какой кинетической энергией  $W_k$  должен обладать электрон, чтобы дебройлевская длина волны  $\lambda$  электрона была равна его комптоновской длине волны  $\lambda_c$ ?

3.65. Масса  $m$  движущегося электрона в два раза больше массы покоя  $m_0$ . Определить длину волны  $\lambda$  де Бройля для такого электрона.

3.66. Электрон с кинетической энергией  $W_k = 10$  эВ находится в металлической пылинке диаметром  $d = 1,5$  мкм. Оценить относительную неопределенность  $\frac{\Delta v_x}{v_x}$ , с которой может быть найдена скорость электрона.

3.67. Во сколько раз дебройлевская длина волны  $\lambda$  частицы меньше неопределенности  $\Delta x$  ее координаты, которая соответствует относительной неопределенности проекции импульса  $\Delta p_x / p_x = 2$  %?

3.68. Предполагая, что неопределенность координаты  $\Delta x$  движущейся частицы равна дебройлевской длине волны  $\lambda$ , определить относительную неопределенность  $\Delta p_x / p_x$  импульса этой частицы.

3.69. Атом испустил фотон с длиной волны  $\lambda = 800$  нм. Продолжительность излучения  $\tau = 10$  нс. Определить наибольшую точность  $\Delta \lambda / \lambda$ , с которой может быть измерена длина волны излучения.

3.70. Используя соотношение неопределенностей  $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar$ , оценить низший энергетический уровень электрона в атоме водорода. Принять линейные размеры атома  $\ell \approx 0,1$  нм.

3.71–3.75. Частица находится в бесконечно глубокой одномерной прямоугольной «потенциальной яме» (рис. 4) шириной  $\ell$ . Для состояния частицы, характеризуемого квантовым числом  $n$  (табл. 9), Определить плотность вероятности  $|\psi(x)|^2$  обнаружения частицы в точке с координатой  $x$ , вероятность  $w$  нахождения частицы в интервале  $\Delta x$  и энергию  $W$  частицы в указанном состоянии, изобразить графически зависимость  $|\psi(x)|^2 = f(x)$ .

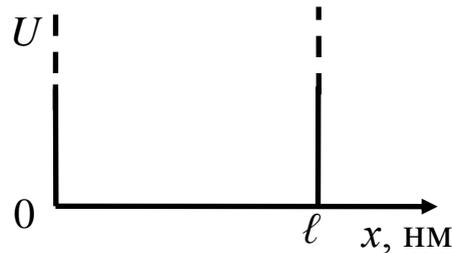


Рисунок 4

Таблица 9

№ задачи	Частица	$\ell$ , нм	$n$	$x$ , нм	$x_1 \leq x \leq x_2$
3.71	Электрон	1,0	3	0,5	$0 \leq x \leq \ell/3$
3.72	Протон	1,5	2	0,4	$\ell/2 \leq x \leq \ell$
3.73	$\alpha$ -частица	10,0	1	3,0	$\ell/3 \leq x < 2\ell/3$
3.74	Электрон	2,0	4	0,25	$\ell/4 \leq x \leq \ell/2$
3.75	Протон	1,0	3	0,2	$\ell/3 \leq x \leq \ell$

3.76. Определить, какая доля  $\Delta N / N$  первоначального количества ядер изотопа  ${}^{60}_{27}\text{Co}$  распадается через пять лет.

3.77. Определить число  $\Delta N$  атомов радиоактивного препарата йода  ${}^{131}_{53}\text{I}$  массой  $m = 0,5$  мкг, распавшихся в течение семи суток.

3.78. За 8 суток распалось  $3/4$  начального количества ядер радиоактивного изотопа. Определить период  $T_{1/2}$  полураспада этого изотопа.

3.79. Определить число ядер  $\Delta N$ , распадающихся в течение 1 минуты в радиоактивном изотопе фосфора  ${}^{32}_{15}\text{P}$  массой 1 мг.

3.80. Определить, какая доля  $\Delta N / N$  радиоактивного изотопа  ${}^{192}_{77}\text{Ir}$  распадается за 25 суток.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

## Универсальные физические постоянные

Название	Обозначение	Численное значение
Ускорение свободного падения	$g$	9,81 м/с <sup>2</sup>
Гравитационная постоянная	$G$	$6,67 \cdot 10^{-11}$ м <sup>3</sup> /(кг·с <sup>2</sup> )
Газовая постоянная	$R$	8,31 Дж/моль·К
Постоянная Авогадро	$N_A$	$6,02 \cdot 10^{23}$ моль <sup>-1</sup>
Постоянная Больцмана	$k$	$1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К
Элементарный заряд	$e$	$1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл
Масса покоя электрона	$m_e$	$9,11 \cdot 10^{-31}$ кг
Масса покоя нейтрона	$m_n$	$1,68 \cdot 10^{-27}$ кг
Масса покоя $\alpha$ -частицы	$m_\alpha$	$6,64 \cdot 10^{-27}$ кг
Масса покоя протона	$m_p$	$1,67 \cdot 10^{-27}$ кг
Электрическая постоянная	$\epsilon_0$	$8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м
Магнитная постоянная	$\mu_0$	$12,56 \cdot 10^{-7}$ Гн/м
Постоянная Планка	$h$	$6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
Постоянная Планка (с чертой)	$\hbar = h/2\pi$	$1,05 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
Постоянная Стефана – Больцмана	$\sigma$	$5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м <sup>2</sup> ·К <sup>4</sup> )
Постоянная закона смещения Вина	$b$	$2,90 \cdot 10^{-3}$ м·К
Постоянная Вина	$C$	$1,30 \cdot 10^{-5}$ Вт/(м <sup>2</sup> ·К <sup>5</sup> )
Постоянная Ридберга	$R$	$3,29 \cdot 10^{15}$ с <sup>-1</sup>
Радиус первой боровской орбиты	$a$	$5,29 \cdot 10^{-11}$ м
Энергия ионизации атома водорода	$W_i$	$2,16 \cdot 10^{-18}$ Дж
Комптоновская длина волны электрона	$\lambda_c$	$2,43 \cdot 10^{-12}$ м
Атомная единица массы	а.е.м.	$1,66 \cdot 10^{-27}$ кг
Электрон-вольт	эВ	$1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж

## Эффективный диаметр молекулы газов

Газ	Диаметр $d \cdot 10^{10}$ , м
Азот	3,8
Водород	2,8
Кислород	3,6

## Период полураспада радиоактивных изотопов

Изотоп	Символ изотопа	Тип распада	Период полураспада
Магний	${}_{12}^{27}\text{Mg}$	$\beta^-$	10 мин
Фосфор	${}_{15}^{32}\text{P}$	$\beta^-$	14,3 сут
Кобальт	${}_{27}^{60}\text{Co}$	$\beta^-, \gamma$	5,3 года
Иод	${}_{53}^{131}\text{I}$	$\beta^-, \gamma$	8 сут
Иридий	${}_{77}^{192}\text{Ir}$	$\beta^-, \gamma$	75 сут

Составители  
Татьяна Леонидовна Ким  
Таисия Васильевна Лавряшина  
Анатолий Александрович Мальшин

## **ФИЗИКА**

Методические указания к контрольным работам  
для студентов направления подготовки 21.05.04 «Горное дело»  
заочной формы обучения

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 18.04.2016. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе.

Уч.-изд. л. 2,2. Тираж 56 экз. Заказ.

КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28.

Издательский центр КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4А.