

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Саровский физико-технический институт -**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего  
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
(СарФТИ НИЯУ МИФИ)

**ФАКУЛЬТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЭЛЕКТРОНИКИ**

**Кафедра «Общей физики»**

**УТВЕРЖДАЮ**

**Декан ФИТЭ, к.ф-м.н., доцент**

\_\_\_\_\_ **В.С. Холушкин**

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ **2022 г.**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Физика**

наименование дисциплины

Направление подготовки (специальность)	<u>11.03.04 Электроника и нанoeлектроника</u>
Наименование образовательной программы	<u>Электронные приборы и устройства</u>
Квалификация (степень) выпускника	<u>бакалавр</u>
Форма обучения	<u>очная</u>

Программа одобрена на заседании кафедры И. о. зав. кафедрой ОФ  
\_\_\_\_\_ **Е.Г. Косяк**

протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20 г. « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ **2022 г.**

г. Саров, 2022 г.

Программа переутверждена на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФИТЭ, ФТФ на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год.

И. о. зав. кафедрой ОФ

Е.Г. Косяк

Программа переутверждена на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФИТЭ, ФТФ на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год.

И. о. зав. кафедрой ОФ

Е.Г. Косяк

Программа переутверждена на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФИТЭ, ФТФ на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год.

И. о. зав. кафедрой ОФ

Е.Г. Косяк

Программа переутверждена на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФИТЭ, ФТФ на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год.

И. о. зав. кафедрой ОФ

Е.Г. Косяк

Семестр	В форме практической подготовки	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	КР/КП	Форма(ы) контроля, экз./зач./ЗСО/	Интерактивные часы
<b>2</b>	64	5	180	32	32	32	48	-	Э 36	16
<b>3</b>	64	5	180	32	32	32	48	-	Э 36	16
<b>4</b>	64	5	180	32	32	32	48	-	Э 36	16
<b>ИТОГО</b>	<b>192</b>	<b>15</b>	<b>540</b>	<b>96</b>	<b>96</b>	<b>96</b>	<b>144</b>	-	<b>108</b>	<b>48</b>

## **АННОТАЦИЯ**

Представлена программа общего курса физики, рассчитанная на 3 семестра. Приведена недельная разбивка изучаемых тем, номера задач, решаемых на семинарах, примеры контрольных работ, задачи для самостоятельного решения, список рекомендуемой литературы.

### **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

В основе метода изучения общего курса физики в СарФТИ НИЯУ МИФИ лежит идея единства физики как науки и глубокой взаимосвязи различных ее частей. Данный метод уделяет главное внимание изучению основных принципов физики и позволяет заложить прочную основу фундаментальных знаний.

Задачами общего курса физики являются:

- создание у студентов основ достаточно широкой теоретической подготовки в области физики;
- усвоение основных физических явлений и законов классической и современной физики, методов физического исследования;
- формирование у студентов научного мышления и понимания границ применимости различных физических понятий, законов, теорий и умения оценить степень достоверности результатов, полученных с помощью экспериментальных или теоретических методов исследований;
- изучение приемов и навыков решения конкретных задач из разных областей физики, помогающих студентам в дальнейшем решать инженерные задачи;
- ознакомление студентов с современными измерительными приборами и научной аппаратурой, а также отработка начальных навыков проведения экспериментальных научных исследований различных физических явлений и оценки погрешности измерений.

Знания и практические навыки, полученные в курсе «Физика» используются обучаемыми при разработке курсовых и дипломных работ.

### **2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО**

Дисциплина «Физика» относится к базовой части профессионального цикла ОП ВО по специальности 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» и предполагает у студентов владение основными понятиями школьного курса Физики.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Ожидается, что в результате освоения дисциплины студент приобретет следующие компетенции:

#### Универсальные и общепрофессиональные компетенции (УК, ОПК)

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
<p><b>УК-1</b> Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</p>	<p>З-УК-1 Знать: методики сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа                      У-УК-1 Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников                      В-УК-1 Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач</p>
<p><b>ОПК-1</b> Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности</p>	<p>З-ОПК-1 Знание основных законов высшей математики, общей и теоретической физики, применительно к инженерным задачам                      У-ОПК-1 Умение применять основные положения и законы высшей математики, общей и теоретической физики, естественных наук к решению задач инженерной деятельности                      В-ОПК-1 Владение методами высшей математики и естественных наук применительно к задачам электроники и нанoeлектроники</p>
<p><b>ОПК-2</b> Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных</p>	<p>З-ОПК-2 Знание типовых методов физических измерений                      У-ОПК-2 Умение анализировать и обрабатывать данные физического эксперимента и представлять их в ясной и удобной форме.                      В-ОПК-2 Владение навыками обращения с типовыми приборами для электронно-физических и электротехнических измерений</p>

#### 4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость				Текущий контроль успеваемости (неделя, форма)*	Максимальный балл за тему
		Лекции	Практ.занятия/семинары	Практ.занятия/лабораторные работы	Самостоятельная работа		
<b>Семестр 2</b>							
<b>Раздел 1. Физические основы механики. Термодинамика и молекулярная физика</b>							
Тема 1.1 Введение. Кинематика движения материальной точки	1,2	4	4		5	ДЗ, УО (1-2)	2
<b>Тема 1.2.</b> Законы Ньютона. Некоторые следствия и применения законов Ньютона	3,4	4	4	4	5	ДЗ, УО (3-4)	2
<b>Тема 1.3.</b> Работа и энергия	5,6	4	2	4	5	ДЗ, УО (5-6)	3
<b>Тема 1.4.</b> Механика твёрдого тела.	7,8,9	6	4	8	5	ДЗ, УО (7-9)	3
<b>Тема 1.5.</b> Механические колебания	10	2	2	4	5	ДЗ, УО (10)	3
<b>Рубежный контроль</b>	10	<b>Контр. №1 (10)</b>					10
<b>Тема 1.6.</b> Введение. Температура	11,12	4	4	4	5	ДЗ, УО (11-12)	3

Тема 1.7.. Первое начало термодинамики	13,14	4	4		5	ДЗ, УО (13-14)	3	
Тема 1.8. Второе начало термодинамики.	15	2	2	4	5	ДЗ, УО (15)	3	
Тема 1.9. Фазовые равновесия и превращения	16	2	2	4	8	ДЗ, УО (15)	3	
<b>Рубежный контроль</b>	16						<b>Контр. №2 (16)</b>	10
<b>Промежуточная аттестация</b>							<b>Экзамен</b>	<b>50</b>
<b>Посещаемость</b>							<b>5</b>	
<b>Итого за 1 семестр</b>		<b>32</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>48</b>		<b>100</b>	
<b>Семестр 3</b>								
<b>Раздел 2. Электричество и магнетизм</b>								
Тема 2.1. Электрическое поле	1,2,3,4,5	10	6	8	9	ДЗ, УО (1-5)	5	
Тема 2.2. Электрический ток	6,7	4	6	8	10	ДЗ, УО (6-7)	5	
<b>Рубежный кон-троль</b>	7						<b>Контр. №1 (7)</b>	10
Тема 2.3. Магнитное поле	8,9,10,11	8	6	8	9	ДЗ, УО (8-11)	5	
Тема 2.4. Переменный электрический ток	12,13,14,15	6	6	8	10	ДЗ, УО (12-15)	5	
Тема 2.5. Система уравнений Максвелла	16	4	4		10	ДЗ, УО (16)	5	
<b>Рубежный кон-троль</b>	16						<b>Контр. №2 (16)</b>	10
<b>Промежуточная аттестация</b>							<b>Экзамен</b>	<b>50</b>
<b>Посещаемость</b>							<b>5</b>	
<b>Итого за 2 семестр</b>		<b>32</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>48</b>		<b>100</b>	
<b>Семестр 4</b>								
<b>Раздел 3. Волновые процессы. Оптика. Квантовая физика</b>								
Тема 3.1. Волны в упругих	1,2	4	2	6	5	ДЗ, УО (1-2)	2	

средах							
<b>Тема 3.2.</b> Электромагнитные волны	3	2	2		5	ДЗ, УО (3)	2
<b>Тема 3.3.</b> Фотометрия. Геометрическая оптика	4,5	4	2	6	5	ДЗ, УО (4-5)	2
<b>Тема 3.4.</b> Интерференция света	6,7	4	4	6	5	ДЗ, УО (6-7)	2
<b>Тема 3.5.</b> Дифракция света	8,9	4	6	4	5	ДЗ, УО (8-9)	2
<b>Тема 3.6.</b> Поляризация света	10	2		2	5	ДЗ, УО (10)	3
<b>Рубежный контроль</b>	10	<b>Контр. №1 (10)</b>					10
<b>Тема 3.7.</b> Квантовооптические явления	11,12	4	6	4	5	ДЗ, УО (11-12)	3
<b>Тема 3.8.</b> Строение атома	13	2	4	2	5	ДЗ, УО (13)	3
<b>Тема 3.9.</b> Элементы квантовой механики	14	2	4		5	ДЗ, УО (14)	3
<b>Тема 3.10.</b> Физика атомного ядра и элементарных частиц	15,16	4		2	3	ДЗ, УО (15-16)	3
<b>Рубежный контроль</b>	16	<b>Контр. №2 (16)</b>					10
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>Экзамен</b>						<b>50</b>
<b>Посещаемость</b>							<b>5</b>
<b>Итого за 3 семестр</b>		<b>32</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>48</b>		<b>100</b>

\*Сокращение наименований форм текущего, рубежного и промежуточного контроля:

УО – устный опрос

Контр. – контрольная работа

ДЗ – домашнее задание



## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

### Лекционный курс

#### Раздел 1. Физические основы механики

##### 1.1. Кинематика движения материальной точки

1. Основные понятия и определения. Материальная точка и абсолютно твёрдое тело. Система отсчёта. Радиус-вектор. Закон движения. Траектория. Путь и перемещение. Скорость. Ускорение. Годограф скорости.
2. Равномерное движение.
3. Равноускоренное движение. Пример: движение тела, брошенного под углом к горизонту.
4. Движение точки по окружности. Угловая скорость и угловое ускорение. Нормальное и тангенциальное ускорения. Полное ускорение.
5. Скорость и ускорение при криволинейном движении. Радиус кривизны траектории.
6. Относительность движения. Закон сложения скоростей.

##### 1.2. Законы Ньютона. Некоторые следствия и применения законов Ньютона

1. Первый закон Ньютона. (Закон инерции Галилея). Понятие инерциальной системы отсчёта.
2. Масса и импульс тела. Масса – мера инертности тел. Импульс тела и системы тел. Закон сохранения импульса для замкнутой системы двух материальных точек. Аддитивность и закон сохранения массы.
3. Второй закон Ньютона. Сила как производная импульса по времени. Сила – мера взаимодействия тел. Второй закон Ньютона как уравнение движения. Представление о решении уравнения движения. Роль начальных условий.
4. Третий закон Ньютона. Взаимодействие двух материальных точек. Взаимодействие системы материальных точек. Силы в природе.
5. Закон сохранения импульса для системы материальных точек.
6. Центр масс. Теорема о движении центра масс. Примеры.
7. Движение тел с переменной массой. Реактивное движение. Формула Циолковского.

##### 1.3. Работа и энергия

1. Работа. Работа постоянной силы при прямолинейном движении. Работа при криволинейном движении. Мощность.
2. Работа и кинетическая энергия. Теорема о кинетической энергии. Связь между кинетическими энергиями в различных системах отсчёта. Теорема Кёнига.
3. Консервативные и неконсервативные силы. Потенциальная энергия. Выражение консервативной силы через потенциальную энергию.

4. Закон сохранения механической энергии. Примеры. Колебания груза на пружине. Движение тела в поле тяжести. Упругие соударения тел.
5. Неконсервативные силы и механическая энергия. Понятие о внутренней энергии. Общезначимый закон сохранения энергии. Примеры. Неупругие соударения тел. Абсолютно неупругий удар.

#### **1.4. Механика твёрдого тела**

1. Момент силы и момент импульса относительно неподвижной точки и неподвижной оси. Уравнение моментов.
2. Закон сохранения момента импульса для системы материальных точек.
3. Вращение твёрдого тела относительно неподвижной оси. Угловая скорость как вектор. Момент импульса и кинетическая энергия твёрдого тела, вращающегося относительно неподвижной оси. Момент инерции. Уравнение моментов для вращения твёрдого относительно неподвижной оси. Примеры. Маятник Обербека.
4. Момент инерции твёрдого тела. Вычисление моментов инерции некоторых однородных тел правильной геометрической формы (стержня, диска, цилиндра, шара). Теорема Гюйгенса-Штейнера.
5. Уравнения движения и равновесия твёрдого тела. Понятие степени свободы. Число степеней свободы твёрдого тела. Уравнения движения. Условия равновесия. Энергия движущегося твёрдого тела. Скатывание тел с наклонной плоскости. Сила трения качения.

#### **1.5. Механические колебания**

1. Основные понятия и определения колебательных процессов. Периодические колебания. Период и частота колебания. Гармонические колебания. Свободные и вынужденные колебания.
2. Свободные незатухающие колебания груза на пружине (гармонический осциллятор). Математический маятник. Физический маятник.
3. Гармонический осциллятор с вязким трением. Логарифмический декремент затухания и добротность осциллятора.

#### **1.6. Термодинамика и молекулярная физика. Введение**

1. Молекулярно-кинетический и термодинамический подходы к изучению явлений природы. Основные положения молекулярно-кинетической теории вещества. Моль вещества. Число Авогадро.
2. Идеальный газ в молекулярно-кинетической теории. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа.

3. Температура и термодинамическое равновесие. Температурные шкалы Цельсия и Кельвина. Молекулярно-кинетический смысл температуры.
4. Распределение кинетической энергии по степеням свободы.
5. Макроскопические (термодинамические) параметры. Уравнение состояния. Квазистатические процессы.
6. Идеальный и неидеальный газы. Уравнение состояния идеального газа. Законы идеального газа. Уравнение состояния газа Ван-дер-Ваальса.

### **1.7. Первое начало термодинамики**

1. Понятие о внутренней энергии. Внутренняя энергия идеального газа. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса.
2. Работа в термодинамике. Работа идеального газа в изопроцессах.
3. Теплообмен. Количество теплоты. Теплоёмкость. Теплопроводность. Уравнение теплопроводности.
4. Первое начало термодинамики. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам идеального газа. Теплоёмкость идеального газа. Уравнение Роберта Майера.
5. Адиабатический процесс. Уравнение Пуассона.
6. Политропический процесс. Уравнение политропы.

### **1.8. Второе начало термодинамики**

1. Тепловая машина. Коэффициент полезного действия тепловой машины.
2. Различные формулировки основного постулата, выражающего второе начало термодинамики (формулировки Томсона-Планка и Клаузиуса), и их эквивалентность. Обратимые и необратимые процессы.
3. Цикл Карно. Машина Карно и её КПД. Теоремы Карно. Термодинамическая шкала температур.
4. Неравенство Клаузиуса. Равенство Клаузиуса. Энтропия. Закон возрастания энтропии. Энтропия идеального газа. Энтропия газа Ван-дер-Ваальса.

### **1.9. Фазовые равновесия и превращения**

1. Фаза вещества. Фазовый переход. Диаграмма состояний. Тройная точка.
2. Плавление и кристаллизация. Удельная теплота плавления.
3. Парообразование и конденсация. Испарение. Насыщенный пар. Влажность воздуха. Кипение. Удельная теплота парообразования.
4. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Зависимость давления насыщенного пара от температуры.

5. Изотермы газа Ван-дер-Ваальса. Изотермы реального газа. Критическое состояние. Критические параметры.

## **Раздел 2. Электричество и магнетизм**

### **2.1. Электрическое поле**

1. Электрический заряд и электрическое поле. Закон сохранения электрического заряда. Напряжённость - силовая характеристика поля.
2. Закон Кулона. Поле точечного заряда. Принцип суперпозиции электростатических полей. Электрический диполь. Дипольный момент. Поле точечного диполя.
3. Поток векторного поля. Электростатическая теорема Гаусса в интегральной и дифференциальной форме. Понятие о дивергенции векторного поля. Применение теоремы Гаусса для расчёта электростатических полей. Поле сферы и бесконечной плоскости, равномерно заряженных по поверхности. Поле бесконечного цилиндра и шара, равномерно заряженных по объёму.
4. Потенциальность электростатического поля. Теорема о циркуляции электростатического поля. Разность потенциалов. Потенциал. Потенциал поля точечного заряда. Принцип суперпозиции для потенциалов. Связь напряжённости и потенциала. Силовые линии и эквипотенциальные поверхности.
5. Электрическое поле в веществе. Проводники в электростатическом поле. Диэлектрики в электростатическом поле. Вектор поляризации. Вектор электрической индукции. Поляризуемость и диэлектрическая проницаемость. Теорема Гаусса для диэлектриков. Граничные условия.
6. Электроёмкость проводников и конденсаторов. Ёмкость уединённого проводника. Ёмкость конденсатора. Плоский конденсатор. Сферический конденсатор. Соединения конденсаторов в электрической цепи. Энергия заряженного конденсатора. Объёмная плотность энергии электрического поля.
7. Движение заряженных частиц в электрическом поле. Движение в однородном поле. Движение в неоднородном поле. Потенциальная энергия заряда в электростатическом поле. Энергия взаимодействия системы точечных зарядов.

### **2.2. Электрический ток**

1. Плотность тока и сила тока. Закон Ома в дифференциальной форме. Удельная проводимость и удельное сопротивление. Закон Ома в интегральной форме. Сопротивление проводника. Последовательное и параллельное соединение проводников. Нелинейные элементы в цепях постоянного тока.

2. Работа и мощность электрического тока. Тепловое действие электрического тока. Закон Джоуля-Ленца.
3. Сторонние силы. Электродвижущая сила источника тока. Закон Ома с учётом сторонних сил. Закон Ома для замкнутой цепи.
4. Правила Кирхгофа.

### **2.3. Магнитное поле**

1. Магнитное поле. Закон Ампера. Индукция магнитного поля. Закон Био-Савара-Лапласа. Принцип суперпозиции магнитных полей. Магнитное поле бесконечного прямолинейного проводника с током. Поле кругового витка с током на его оси. Сила Ампера. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в магнитном поле.
2. Теорема Гаусса для магнитных полей. Теорема о циркуляции магнитного поля. Расчёт магнитных полей при помощи теоремы о циркуляции. Магнитное поле бесконечно длинного соленоида и тороидальной катушки.
3. Магнитное поле в веществе. Токи намагничивания. Вектор намагничивания. Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость. Вектор напряжённости магнитного поля. Понятие о диа-, пара- и ферромагнетизме. Теорема о циркуляции магнитного поля в веществе. Граничные условия.
4. Явление электромагнитной индукции. Закон Фарадея для электромагнитной индукции. Правило Ленца. Максвелловская трактовка явления электромагнитной индукции. Вихревое электрическое поле.
5. Самоиндукция. Индуктивность. Взаимоиндукция. Энергия магнитного поля катушки с током. Объёмная плотность энергии магнитного поля.

### **2.4. Переменный электрический ток**

1. Переходные процессы в RC- и RL-цепях. Условие квазистационарности.
2. Колебательный контур. Свободные незатухающие колебания в контуре. Собственная частота незатухающих колебаний. Затухающие колебания. Логарифмический декремент затухания и добротность колебательного контура.
3. Переменный электрический ток. Получение переменного тока. Резистор в цепи переменного тока. Тепловое действие переменного тока. Действующее значение напряжения и силы тока. Конденсатор и катушка индуктивности в цепи переменного тока. Резонанс в цепи переменного тока. Преобразование переменного тока. Трансформатор.

### **2.5. Система уравнений Максвелла**

1. Обобщения теории Максвелла. Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Примеры. Система уравнений Максвелла в интегральной форме. Система уравнений Максвелла в дифференциальной форме.

2. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Скорость распространения электромагнитных волн. Энергия и импульс электромагнитного поля. Вектор Умова-Пойнтинга. Шкала электромагнитных волн.

### **Раздел 3. Волновые процессы. Оптика. Квантовая физика.**

#### **3.1. Волны в упругих средах**

1. Уравнение волны. Волновые уравнения. Скорость упругих волн. Энергия упругой волны. Стоячие волны.
2. Звук. Скорость звука в газах. Эффект Доплера для звуковых волн.

#### **3.2. Электромагнитные волны**

1. Волновое уравнение электромагнитного поля. Плоская электромагнитная волна. Стоячая электромагнитная волна.
2. Энергия электромагнитных волн. Импульс электромагнитного поля.
3. Эффект Доплера для электромагнитных волн.

#### **3.3. Световые волны. Геометрическая оптика**

1. Световая волна. Кривая видимости. Показатель преломления.
2. Электромагнитная волна на границе раздела. Коэффициенты отражения и пропускания.
3. Геометрическая оптика. Центрированная оптическая система. Тонкая линза.

#### **3.4. Интерференция света**

1. Интерференция световых волн. Когерентность. Основные принципы интерференционных схем. Ширина интерференционной полосы.
2. Интерференционные схемы. Бипризма. Бизеркало. Билинза.
3. Интерференция света при отражении от тонких пластинок. Плоскопараллельные пластинки. Клиновидные пластинки. Кольца Ньютона.

#### **3.5. Дифракция света**

1. Принцип Гюйгенса-Френеля. Зоны Френеля.
2. Дифракция Френеля от простейших преград: на круглом отверстии, на полуплоскости и щели.
3. Дифракция Фраунгофера от щели. Дифракционная решетка.

#### **3.6. Поляризация света. Взаимодействие света с веществом**

1. Естественный и поляризованный свет. Общие сведения о поляризации. Степень поляризации. Закон Малюса.
2. Поляризация при отражении и преломлении. Закон Брюстера.

3. Прохождение плоскополяризованного света через кристаллическую пластинку.
4. Дисперсия света. Классическая теория дисперсии.
5. Поглощение света. Закон Бугера. Коэффициент поглощения. Рассеяние света. Закон Рэлея.
6. Эффект Вавилова-Черенкова.

### **3.7. Квантовооптические явления**

1. Тепловое излучение и люминесценция. Закон Кирхгофа. Равновесная плотность энергии излучения.
2. Закон Стефана-Больцмана. Закон Вина. Формула Рэлея-Джинса. Формула Планка.
3. Тормозное рентгеновское излучение. Фотоэффект. Применения фотоэффекта. Фотоумножители.
4. Эффект Комптона.

### **3.8. Строение атома**

1. Закономерности в атомных спектрах. Модель атома Томпсона.
2. Опыты по рассеиванию  $\alpha$ -частиц. Ядерная модель атома.
3. Постулаты Бора. Опыт Франка и Герца. Правило квантования круговых орбит. Элементарная боровская теория водородоподобного атома.

### **3.9. Элементы квантовой механики**

1. Гипотеза де-Бройля. Волновые свойства вещества. Принципы неопределенности Гейзенберга.
2. Уравнение Шредингера. Смысл пси-функции.
3. Квантование энергии. Квантование импульса.
4. Прохождение частиц через потенциальный барьер.

### **3.10. Физика атомного ядра и элементарных частиц**

1. Состав и характеристики атомного ядра. Масса и энергия связи ядра. Модели атомного ядра. Ядерные силы.
2. Радиоактивность. Естественная радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Радиоактивное равновесие,  $\alpha$ -распад,  $\beta$ -распад. Электронный захват. Нейтрино,  $\gamma$ -лучи. Искусственная радиоактивность.
3. Цепная реакция. Атомное оружие. Управляемая цепная реакция. Ядерные реакторы и их типы. Термоядерные реакции. Проблема управляемой термоядерной реакции.
4. Виды взаимодействия и классы элементарных частиц.
5. Методы регистрации элементарных частиц. Космические лучи.
6. Частицы и античастицы. Систематика элементарных частиц. Кварки.

### Практические/семинарские занятия

<b>Раздел 1. Физические основы механики. Термодинамика и молекулярная физика</b>	
<b>Тема</b>	<b>Задачи для семинара</b>
Кинематика движения материальной точки	1.(1, 4, 5, 8, 9, 12.)
	1.(14, 15, 16, 18, 20, 21)
Законы Ньютона. Некоторые следствия и применения законов Ньютона	1.(60, 63, 65, 67, 69, 71.)
	1.(73, 80, 87, 89, 95)
Работа и энергия. Законы сохранения энергии и импульса	1.(120, 121, 123, 125, 126, 127.)
	1.(128, 132, 135, 137, 139, 144.)
Механика твёрдого тела	1.(216, 217, 220, 222, 226, 227.)
	1.(278, 280, 282, 283, 284, 285.)
Механические колебания	3.(2, 5, 8, 12, 15, 16.)
<b>Контрольная работа №1</b>	
Введение. Температура	6.(1, 2, 3, 4, 5, 6),
	6.(7, 8, 9, 10, 12)
Первое начало термодинамики	6.(13, 14, 22, 23,24,26)
Второе начало термодинамики	6.(137, 140, 141, 142,145,)
Фазовые равновесия и превращения	6.(327, 328, 340, 342, 348, 349, 352.)
<b>Контрольная работа №2</b>	
<b>Раздел 2. Электричество и магнетизм</b>	
Электрическое поле	2.(1, 2, 3, 4, 5);
	2.(8, 10, 12, 14, 19);
	2.( 24, 25, 30, 31, 32);
	2.(36, 37, 38, 39, 43);
Электрический ток	2.(155, 159, 162, 169, 172);
	2.(176, 180, 181, 186, 190);
<b>Контрольная работа №1.</b>	
Магнитное поле	2.(225, 226, 227, 232, 234);
	2.(238, 240, 245, 246, 248);
	2.(253, 254, 255, 256, 267);
	2.(287, 293, 294, 296, 303);
	2.(317, 319, 324, 326, 331);
Переменный электрический ток	3.(115, 122, 128, 131, 136);
	3.(139, 140, 146, 152, 157);
Система уравнений Максвелла	3.(161, 162, 163, 165);
<b>Контрольная работа №2.</b>	
<b>Раздел 3. Волновые процессы. Оптика. Квантовая физика.</b>	
Волны в упругих средах	3.(195, 197, 211, 193, 214)
Электромагнитные волны	3.(274, 275, 278, 283, 285)
Фотометрия. Геометрическая оптика.	4.(26, 33, 37, 39, 44, 48)
Интерференция света.	4.(85, 86, 87, 89 , 90, 91)



Дифракция света	4.(118, 120, 125, 127, 129)
Поляризация света	4.(187, 190, 191, 196, 201)
Контрольная работа № 1	
Квантовооптические явления	6.(229, 231, 232, 234, 239, 240)
Строение атома	5.(39, 40, 42, 44, 48, 50, 55)
Элементы квантовой механики	5.(86, 88, 93, 95, 97, 99)
	5.(115, 122, 126, 128, 132, 133)
	5.(135, 137, 138, 140, 152, 154)
	5.(158, 160, 162, 166, 170)
	5.(237, 239, 242, 244, 249, 251)
Физика атомного ядра и элементарных частиц	5.(275, 277, 278, 280, 281, 285, 292)
Контрольная работа №2	

### Лабораторные занятия

#### Раздел 1. Физические основы механики. Термодинамика и молекулярная физика

**Занятие 1.** Выполнение лаб. работы №1. «Исследование прямолинейного движения тел в поле тяжести на машине Атвуда».

**Занятие 2.** Выполнение лаб. работы №2. «Определение скорости полета пули методом баллистического маятника».

**Занятие 3.** Выполнение лаб. работы №3. «Изучение законов вращательного движения твёрдого тела на крестообразном маятнике Обербека».

**Занятие 4.** Выполнение лабораторной работы №4 «Изучение гармонических колебаний. Физический маятник»

**Занятие 5.** Сдача задолженностей.

**Занятие 6.** Выполнение лабораторной работы №5. «Экспериментальная проверка закона Шарля и определение термического коэффициента давления».

**Занятие 7.** Выполнение лабораторной работы №6 «Определение отношения теплоёмкостей  $C_p/C_v$  воздуха методом Клемана и Дезорма».

**Занятие 8.** Выполнение лабораторной работы №7 «Определение удельной теплоты парообразования воды».

#### Раздел 2. Электричество и магнетизм

**Занятие 1.** Лабораторная работа №1. Изучение лабораторного комплекса ЛКЭ-6.

**Занятие 2.** Лабораторная работа №2. Измерение диэлектрической проницаемости.

**Занятие 3.** Лабораторная работа №3. Исследование процесса разрядки конденсатора.

**Занятие 4.** Сдача лабораторных работ.

**Занятие 5.** Лабораторная работа №4. Измерения индукции магнитных полей.

**Занятие 6.** Лабораторная работа №5. Измерение магнитной проницаемости и исследование магнитного гистерезиса.

**Занятие 7.** Лабораторная работа №6 Изучение явления электромагнитной индукции и измерение коэффициентов само и взаимоиндукции.

**Занятие 8.** Сдача лабораторных работ.

### **Раздел 3. Волновые процессы. Оптика. Квантовая физика.**

**Занятие 1.** Работа №1. Изучение собственных колебаний струны.

**Занятие 2.** Работа №2. Определение фокусных расстояний собирающей и рассеивающей линз.

**Занятие 3.** Работа №3. Измерение длины волны света в интерференционном опыте с бипризмой Френеля.

**Занятие 4.** Работа №4 Изучение дифракции света дифракционной решётке на щели.

**Занятие 5.** Работа №5. Определение постоянной Ритберга.

**Занятие 6.** Работа №6. Опыт Франка - Герца.

**Занятие 7.** Работа №7. Определение постоянной Стефана-Больцмана.

**Занятие 8.** Работа №8. Ядерные весы.

#### **4.3. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы студентов**

1. Подлесный Д.В., Щепелев А.А. Лабораторный практикум. Часть I. Физические основы механики. - Саров: СарФТИ, 2007. - 56 с.

2. Подлесный Д.В., Щепелев А.А. Лабораторный практикум. Механика жидкостей. Термодинамика и молекулярная физика. - Саров: СарФТИ, 2005.-40 с.

3. Косяк Е.Г., Лебедев О.Н. Лабораторный практикум. Оптика и волны. - Саров: СарФТИ, 2015.-72 с.

4. Косяк Е.Г., Лебедев О.Н. Лабораторный практикум. Атомная физика. - Саров: СарФТИ, 2017.-70 с

### **5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

## 5.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

№	Наименование раздела	Компетенция	Индикаторы освоения	Текущий контроль, неделя
Раздел 1	Тема 1.1 Введение. Кинематика движения материальной точки	УК-1 ОПК-1 ОПК-	3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2	ДЗ, УО (1-2)
	Тема 1.2 Законы Ньютона. Некоторые следствия и применения законов Ньютона			ДЗ, УО (3-4)
	Тема 1.3 Работа и энергия			ДЗ, УО (5-6)
	Тема 1.4. Механика твёрдого тела			ДЗ, УО (7-9)
	Тема 1.5. Механические колебания			Контр. - 10
	Тема 1.6. Введение. Температура.			ДЗ, УО (11-12)
	Тема 1.7. Первое начало термодинамики			ДЗ, УО (13-14)
	Тема 1.8. Второе начало термодинамики.			ДЗ, УО (15)
	Тема 1.9. Фазовые равновесия и превращения			Контр. - 16
Раздел 2	Тема 2.1. Электрическое поле	УК-1, ОПК-1, ОПК-2	3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2	ДЗ, УО (1-6)
	Тема 2.2. Электрический ток			Контр. - 7
	Тема 2.3. Магнитное поле			ДЗ, УО (8-11)
	Тема 2.4. Переменный электрический ток			ДЗ, УО (12-15)
	Тема 2.5. Система уравнений Максвелла			Контр. - 16
Раздел 2	Тема 3.1. Волны в упругих средах	УК-1, ОПК-1, ОПК-2	3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2	ДЗ, УО (1-2)
	Тема 3.2. Электромагнитные волны			ДЗ, УО (3)
	Тема 3.3. Фотометрия. Геометрическая оптика			ДЗ, УО (4-5)
	Тема 3.4. Интерференция света			ДЗ, УО (6-7)
	Тема 3.5. Дифракция света			ДЗ, УО (8-9)
	Тема 3.6. Поляризация света			Контр. - 10
	Тема 3.7. Квантовооптические явления			ДЗ, УО (11-12)
	Тема 3.8. Строение атома			ДЗ, УО (13-14)
	Тема 3.9. Элементы квантовой механики			Контр. - 16

## **5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

### **5.2.1. Примерные вопросы к экзамену**

#### **Раздел 1. Физические основы механики. Термодинамика.**

1. Измерение физических величин. Единицы измерения и размерность физических величин. Основные единицы измерения в международной системе СИ. Прямые и косвенные измерения. Обработка результатов измерений. Случайные и систематические погрешности. Изображение экспериментальных результатов на графиках. Использование графиков для обработки результатов измерений.
2. Материальная точка и абсолютно твёрдое тело. Система отсчёта. Радиус-вектор. Закон движения. Траектория. Путь и перемещение. Скорость. Ускорение. Годограф скорости.
3. Равномерное движение. Равноускоренное движение. Пример: движение тела, брошенного под углом к горизонту.
4. Движение точки по окружности. Угловая скорость и угловое ускорение. Нормальное и тангенциальное ускорения. Полное ускорение.
5. Первый закон Ньютона. (Закон инерции Галилея). Понятие инерциальной системы отсчёта. Масса и импульс тела. Масса - мера инертности тел. Импульс тела и системы тел. Закон сохранения импульса для замкнутой системы двух материальных точек. Аддитивность и закон сохранения массы.
6. Сила.. Второй закон Ньютона как уравнение движения. Представление о решении уравнения движения. Роль начальных условий. Третий закон Ньютона. Взаимодействие двух материальных точек. Взаимодействие системы материальных точек.
7. Закон сохранения импульса для системы материальных точек. Центр масс. Теорема о движении центра масс. Примеры.
8. Движение тел с переменной массой. Реактивное движение. Формула Циолковского.
9. Работа. Работа постоянной силы при прямолинейном движении. Работа при криволинейном движении. Мощность.
10. Закон сохранения механической энергии. Примеры. Колебания груза на пружине. Движение тела в поле тяжести. Упругие соударения тел.
11. Момент силы и момент импульса относительно неподвижной точки и неподвижной оси. Уравнение моментов.
12. Закон сохранения момента импульса для системы материальных точек.
13. Движение в центральном поле. Законы Кеплера. Космические скорости.

14. Вращение твёрдого тела относительно неподвижной оси. Момент импульса и кинетическая энергия твёрдого тела, вращающегося относительно неподвижной оси. Момент инерции. Уравнение моментов для вращения твёрдого тела относительно неподвижной оси.
15. Уравнения движения и равновесия твёрдого тела. Число степеней свободы твёрдого тела. Уравнения движения. Условия равновесия. Понятие статически неопределённых систем.
16. Основные понятия и определения колебательных процессов. Периодические колебания. Период и частота колебания. Гармонические колебания. Свободные и вынужденные колебания. Резонанс. Фазовая плоскость. Фазовая траектория гармонического колебания.
17. Свободные незатухающие колебания груза на пружине (гармонический осциллятор). Математический маятник. Физический маятник.
18. Гармонический осциллятор с вязким трением. Логарифмический декремент затухания и добротность осциллятора.
19. Вынужденные колебания гармонического осциллятора. Резонансные кривые. Резонансная частота.
20. Молекулярно-кинетический и термодинамический подходы к изучению явлений природы. Основные положения молекулярно-кинетической теории вещества. Моль вещества. Число Авогадро.
21. Идеальный газ в молекулярно-кинетической теории. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа.
22. Температура и термодинамическое равновесие. Температурные шкалы Цельсия и Кельвина. Молекулярно-кинетический смысл температуры. Распределение кинетической энергии по степеням свободы.
23. Макроскопические (термодинамические) параметры. Уравнение состояния. Квазистатические процессы.
24. Идеальный и неидеальный газы. Уравнение состояния идеального газа. Законы идеального газа. Уравнение состояния газа Ван-дер-Ваальса.
25. Понятие о внутренней энергии. Внутренняя энергия идеального газа. Работа в термодинамики. Работа идеального газа в изопроцессах.
26. Теплообмен. Количество теплоты. Теплоёмкость. Первое начало термодинамики. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам идеального газа.
27. Адиабатический процесс. Уравнение Пуассона. Определение  $C_p/C_v$  методом Клемана и Дезорма.
28. Тепловая машина. Коэффициент полезного действия тепловой машины.
29. Цикл Карно. Машина Карно и её КПД. Теоремы Карно. Термодинамическая шкала температур.
30. Энтропия идеального газа. Энтропия газа Ван-дер-Ваальса.

31. Фаза вещества. Фазовый переход. Диаграмма состояний. Тройная точка.
32. Плавление и кристаллизация. Удельная теплота плавления. Парообразование и конденсация. Испарение. Насыщенный пар. Влажность воздуха. Кипение. Удельная теплота парообразования.
33. Распределение молекул по скоростям. Закон распределения Максвелла. Распределение молекул по абсолютной величине скорости. Распределение по энергиям. Средние скорости молекул идеального газа.
34. Закон распределения Больцмана.
35. Энтропия и вероятность. Флуктуации.

## **Раздел 2 Электричество и магнетизм**

1. Электрический заряд и электрическое поле. Закон сохранения электрического заряда. Напряжённость - силовая характеристика поля.
2. Закон Кулона. Поле точечного заряда. Принцип суперпозиции электростатических полей. Электрический диполь. Дипольный момент. Поле точечного диполя.
3. Поток векторного поля. Электростатическая теорема Гаусса в интегральной и дифференциальной форме. Понятие о дивергенции векторного поля.
4. Применение теоремы Гаусса для расчёта электростатических полей. Поле сферы и бесконечной плоскости, равномерно заряженных по поверхности. Поле бесконечного цилиндра и шара, равномерно заряженных по объёму.
5. Потенциальность электростатического поля. Теорема о циркуляции электростатического поля. Разность потенциалов. Потенциал. Потенциал поля точечного заряда. Принцип суперпозиции для потенциалов. Связь напряжённости и потенциала. Силовые линии и эквипотенциальные поверхности.
6. Электрическое поле в веществе. Проводники в электростатическом поле. Диэлектрики в электростатическом поле. Вектор поляризации. Вектор электрической индукции. Поляризуемость и диэлектрическая проницаемость. Теорема Гаусса для диэлектриков. Граничные условия.
7. Электроёмкость проводников и конденсаторов. Ёмкость уединённого проводника. Ёмкость конденсатора. Плоский конденсатор. Сферический конденсатор.
8. Соединения конденсаторов в электрической цепи. Энергия заряженного конденсатора. Объёмная плотность энергии электрического поля.
9. Движение заряженных частиц в электрическом поле. Движение в однородном поле. Движение в неоднородном поле. Потенциальная энергия заряда в электростатическом поле. Энергия взаимодействия системы точечных зарядов.

10. Плотность тока и сила тока. Закон Ома в дифференциальной форме. Удельная проводимость и удельное сопротивление. Закон Ома в интегральной форме. Сопротивление проводника. Последовательное и параллельное соединение проводников. Нелинейные элементы в цепях постоянного тока.
11. Работа и мощность электрического тока. Тепловое действие электрического тока. Закон Джоуля-Ленца.
12. Сторонние силы. Электродвижущая сила источника тока. Закон Ома с учётом сторонних сил. Закон Ома для замкнутой цепи. Правила Кирхгофа.
13. Магнитное поле. Закон Ампера. Индукция магнитного поля. Закон Био-Савара-Лапласа. Принцип суперпозиции магнитных полей. Магнитное поле бесконечного прямолинейного проводника с током. Поле кругового витка с током на его оси.
14. Сила Ампера. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в магнитном поле.
15. Теорема Гаусса для магнитных полей. Теорема о циркуляции магнитного поля. Расчёт магнитных полей при помощи теоремы о циркуляции. Магнитное поле бесконечно длинного соленоида и тороидальной катушки.
16. Магнитное поле в веществе. Токи намагничивания. Вектор намагничивания. Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость. Вектор напряжённости магнитного поля.
17. Понятие о диа-, пара- и ферромагнетизме. Теорема о циркуляции магнитного поля в веществе. Граничные условия.
18. Явление электромагнитной индукции. Закон Фарадея для электромагнитной индукции. Правило Ленца. Максвелловская трактовка явления электромагнитной индукции. Вихревое электрическое поле.
19. Самоиндукция. Индуктивность. Взаимоиндукция. Энергия магнитного поля катушки с током. Объёмная плотность энергии магнитного поля.
20. Переходные процессы в RC- и RL-цепях. Условие квазистационарности.
21. Колебательный контур. Свободные незатухающие колебания в контуре. Собственная частота незатухающих колебаний. Затухающие колебания. Логарифмический декремент затухания и добротность колебательного контура.
22. Переменный электрический ток. Получение переменного тока. Резистор в цепи переменного тока. Тепловое действие переменного тока. Действующее значение напряжения и силы тока.
23. Конденсатор и катушка индуктивности в цепи переменного тока.
24. Резонанс в цепи переменного тока. Преобразование переменного тока. Трансформатор.
25. Обобщения теории Максвелла. Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Примеры.
26. Система уравнений Максвелла в интегральной форме. Система уравнений Максвелла в дифференциальной форме.

27. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Скорость распространения электромагнитных волн. Энергия и импульс электромагнитного поля. Вектор Умова-Пойнтинга. Шкала электромагнитных волн.

### **Раздел 3. Волновые процессы. Оптика. Квантовая физика**

1. Волновое уравнение. Уравнение монохроматической бегущей волны, основные характеристики волн.
2. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Скорость распространения электромагнитных волн.
3. Электромагнитная природа света. Оптический и видимый диапазоны электромагнитных волн. Волновое уравнение. Скорость света. Гармоническая волна. Плоские и сферические волны. Волновой фронт.
4. Поляризация электромагнитных волн. Линейная, круговая, эллиптическая поляризации. Естественный свет.
5. Немонохроматические волны. Спектральный состав светового импульса.
6. Геометрическая оптика.
7. Интерференция монохроматических волн. Двухлучевая интерференция. Суперпозиция плоских волн. Разность хода. Условия интерференционных максимумов и минимумов.
8. Интерференция в тонких пленках. Полосы равной толщины и равного наклона. Просветление оптики.
9. Интерференционные приборы. Бипризма. Билинза. Интерферометр Майкельсона. Применение интерференционных приборов.
10. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Дифракция Френеля на круглом отверстии. Зонная пластинка. Пятно Пуассона.
11. Дифракция Фраунгофера. Дифракция света на щели. Дифракционная расходимость.
12. Дифракционная решетка. Дисперсионная область. Разрешающая способность.
13. Законы отражения и преломления. Поляризация света при отражении и преломлении. Угол Брюстера. Коэффициенты отражения и преломления света. Полное внутреннее отражение света.
14. Двойное лучепреломление в анизотропных кристаллах. Построение Гюйгенса. Поляризация света при двойном лучепреломлении. Поляризационные фильтры
15. Дисперсия света. Электронная теория дисперсии. Нормальная и аномальная дисперсии. Волновой пакет. Групповая скорость.
16. Тепловое излучение и его характеристики: излучательная и поглощательная способности, энергетическая светимость. Закон Кирхгофа.
17. Абсолютно черное тело и его модель. Закон Стефана-Больцмана. Законы Вина.



18. Квантовая теория теплового излучения. Формула Планка. Объяснение законов излучения с помощью формулы Планка.
19. Технические применения теплового излучения. Оптическая пирометрия.
20. Фотоэлектрический эффект. Опыты Герца и Столетова. Основные закономерности внешнего фотоэффекта. Квантовая теория фотоэффекта. Формула Эйнштейна. Внутренний и внешний фотоэффект. Применения фотоэффекта. Фотоумножители.
21. Эффект Комптона и его объяснение на основе законов релятивистской механики.
22. Корпускулярная теория строения вещества. Модель атома Томсона Опыты и формула Резерфорда. Планетарная модель атома и её трудности. Постулаты Бора.
23. Опыты Франка и Герца. Элементарная боровская теория водородного атома.
24. Волновые свойства частиц. Опыты Девиссона и Джермера. Дифракция электронов. Гипотеза де Бройля. Принцип неопределенности Гайзенберга.
25. Уравнение Шрёдингера. Волновая пси-функция и ее физический смысл.
26. Частица в бесконечно глубокой потенциальной яме. Прохождение частиц через потенциальный барьер.
27. Рентгеновское излучение. Тормозной и характеристический спектры. Закон Мозли.
28. Атомное ядро и его основные характеристики. Зарядовое и массовое ела. Ядерные силы и их природа. Изотопы, изомеры и изобары. Капельная и оболочечная модели строения ядра. Магические числа.
29. Естественная радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Радиоактивное равновесие  $\alpha$ -распад.
30. Туннельный эффект,  $\beta$ -распад. Электронный захват.
31. Нейтрино,  $\gamma$ -лучи, их происхождение и взаимодействие с веществом.
32. Энергия атомного ядра. Энергия связи. Дефект масс. Выделение энергии при делении ядер. Цепная реакция. Атомное оружие.
33. Управляемая цепная реакция. Ядерные реакторы и их типы. Уран-графитовый реактор. Применение ядерных реакторов. Атомные электростанции и двигатели.
34. Элементарные частицы и их классификация. Основные характеристики элементарных частиц.
35. Частицы и античастицы. Взаимодействие элементарных частиц. Взаимные превращения элементарных частиц. Аннигиляция частиц и рождение пар.
36. Структура элементарных частиц. Кварки.

### 5.2.2. Примерные темы домашнего задания

1. Материальная точка движется в плоскости  $XOY$  по закону  $\vec{r} = At^2\vec{i} + Bt\vec{j}$ , где  $A = 1 \text{ м/с}^2$ ,  $B = 12 \text{ м/с}$ ,  $\vec{i}$  и  $\vec{j}$  единичные базисные векторы декартовой системы координат  $XOY$ .

Найти угол между векторами скорости  $\vec{v}$  и ускорения  $\vec{a}$  точки в момент времени  $t_1 = 3$  с. Нарисовать траекторию движения точки.

2. Материальная точка движется в плоскости  $XOY$  по закону  $\vec{r} = (At^3 + C)\vec{i} + (Bt^3 + D)\vec{j}$ , где  $A = 1$  м/с<sup>3</sup>,  $B = -2$  м/с<sup>3</sup>,  $C = -1$  м,  $D = 3$  м. Изобразить траекторию движения точки. На траектории указать положение точки в момент времени  $t_1 = 1$  с. Найти модули векторов скорости  $\vec{v}$  и ускорения  $\vec{a}$  точки в этот момент. Найти также вектор перемещения  $\vec{S}$  и путь  $l$  пройденные точкой за вторую секунду движения.
3. Две точки движутся в плоскости  $XOY$  по законам  $\vec{r}_1 = A\vec{i} + Bt\vec{j}$  и  $\vec{r}_2 = Ct^2\vec{i} + Dt\vec{j}$ , где  $A = 1$  м,  $B = 3$  м/с,  $C = 2,5$  м/с<sup>2</sup>,  $D = 2$  м/с. Найти расстояние между точками в момент времени  $t = 1$  с, а также угол между векторами скоростей точек в этот момент.
4. Материальная точка движется в плоскости  $XOY$  с ускорением  $\vec{a}$ , изменяющимся со временем по закону  $\vec{a}_1 = A\vec{i} + Bt\vec{j}$ . Найти закон движения точки (уравнение зависимости радиуса-вектора точки от времени), если в начальный момент времени ( $t = 0$ ) точка находилась в начале координат и имела скорость  $\vec{v}_0 = C\vec{i} + D\vec{j}$  ( $A, B, C$  и  $D$  - известные постоянные величины).
5. Материальная точка движется по окружности по закону  $\varphi = \alpha t + \beta t^3$ , где  $\alpha = 6$  рад/с,  $\beta = -2$  рад/с<sup>2</sup>. Найти угловое ускорение точки в момент, когда она остановится.
6. Точка движется по окружности радиуса  $R$  по закону  $\varphi = \varphi_0 \sin kt$ , где  $\varphi_0$  и  $k$  известные постоянные. Найти зависимость от времени модулей скорости и ускорения точки.
7. Точка движется по окружности радиуса  $R = 1$  м с угловым ускорением  $\varepsilon$ , зависящим от времени по закону  $\varepsilon = \alpha + \beta t$ , где  $\alpha = 1 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$ ,  $\beta = 3 \frac{\text{рад}}{\text{с}^3}$ . Найти путь, пройденный точкой за вторую секунду движения. Начальная скорость точки равна нулю.
8. Точка движется по окружности радиуса  $R = 1$  м со скоростью  $v$ , зависящей от времени по закону  $v = \alpha t + \beta t^2$ , где  $\alpha = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ,  $\beta = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}^3}$ . Найти угол между векторами скорости и ускорения точки в момент времени  $t = 1$  с.
9. Точка движется замедленно по окружности радиуса  $R$ , так что ее тангенциальное и нормальное ускорения в каждый момент времени равны друг другу по модулю. Найти зависимость от времени ее угловой скорости и углового ускорения. Начальная скорость точки равна  $v_0$ .
10. С какой скоростью в момент старта ракеты нужно выстрелить из пушки, чтобы поразить ракету, стартующую

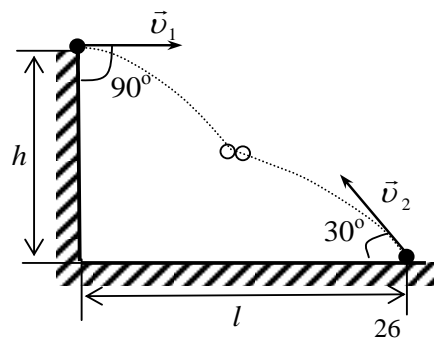


Рис. 1.17

вертикально с ускорением  $a = 30 \frac{м}{с^2}$ ? Расстояние от пушки до линии старта  $l = 500 м$ .

Пушка стреляет под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту.

11. Два камня бросают одновременно так, как показано на рисунке 1.17. На каком расстоянии  $l$  от основания башни должна находиться точка бросания второго камня, чтобы камни столкнулись в воздухе? Высота башни  $h = 10 м$ ; начальные скорости камней  $v_1 = 5 \frac{м}{с}$ ,  $v_2 = 20 \frac{м}{с}$ .
12. С поверхности земли бросили камень под углом  $\alpha$  к горизонту, сообщив ему начальную скорость  $v_0$ . Найти радиус кривизны траектории как функцию высоты подъема тела при движении. Под каким углом  $\alpha$  следует бросать камень, чтобы дальность его полета была максимальна? Сопротивлением воздуха пренебречь.
13. С вершины горы брошено тело в горизонтальном направлении со скоростью  $v_0 = 10 \frac{м}{с}$ . Определить нормальное и тангенциальное ускорения тела спустя две секунды после начала движения. Сопротивлением воздуха пренебречь.
14. Частица движется в плоскости  $XOY$  равномерно со скоростью  $v$  по параболической траектории  $y = kx^2$ , где  $k$  - положительная постоянная. Найти ускорение частицы в момент прохождения начала координат.
15. Частица движется в плоскости  $XOY$ , причём её прямоугольные координаты зависят от времени  $t$  следующим образом:  $x = A \cos \omega t$ ,  $y = B \sin \omega t$ , где  $A$ ,  $B$  и  $\omega$  положительные постоянные. Найти траекторию движения частицы, зависимость её скорости и ускорения от времени. Определить радиусы кривизны траектории в точках ее пересечения с осями координат. Показать, что вектор ускорения частицы в любой момент времени направлен к началу координат.
16. Материальная точка движется по криволинейной траектории с тангенциальным ускорением, зависящим от времени по закону  $a_\tau = A + Bt$ , где  $A = 2 м/с^2$ ,  $B = 1 м/с^3$ . Найти путь пройденный точкой за первые пять секунд движения, если начальная скорость точки  $v_0 = 5 \frac{м}{с}$ .
17. Материальная точка движется в плоскости  $XOY$  по закону  $\vec{r} = At\vec{i} + Bt^2\vec{j}$ , где  $A = 1 \frac{м}{с}$ ,  $B = 0,5 \frac{м}{с^2}$ . Найти нормальное и тангенциальное ускорения точки и радиус кривизны траектории в начальный момент времени.

18. Найти ускорение тел в системе, показанной на рисунке 2.13. Массы тел  $m_1$  и  $m_2$ . Массами блока и нити, а также трением в системе пренебречь.

19. Найти ускорение тел и силу натяжения нити в системе, показанной на рисунке 2.14. Массы тел  $m_1 = 2$  кг,  $m_2 = 1$  кг. Коэффициент трения тела о поверхность стола  $\mu = 0,3$ . В начальный момент тела покоились.

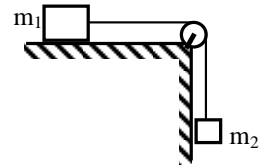


Рис. 2.14

20. С какой максимальной скоростью может двигаться автомобиль на повороте радиусом закругления  $R = 100$  м, чтобы его «не занесло», если коэффициент трения шин о дорогу  $\mu = 0,4$ ?

21. Спутник, используемый в системе телесвязи, запущен в плоскости земного экватора так, что всё время находится в зените одной и той же точки земного шара. Найти радиус орбиты спутника. Радиус Земли  $R = 6400$  км, ускорение свободного падения у поверхности Земли  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>.

22. На краю горизонтального диска радиуса  $R = 0,5$  м находится маленькая шайба. Диск начинают раскручивать вокруг вертикальной оси, проходящей через его центр, так, что угол его поворота зависит от времени  $t$  по закону  $\varphi = At^2$ , где  $A = 1$  рад/с<sup>2</sup>. Через какое время шайба соскользнет с диска, если коэффициент трения  $\mu = 0,2$ ?

23. Какую скорость сообщает футболист мячу при ударе, если максимальная сила, с которой он действует на мяч,  $F_{max} = 3,5 \cdot 10^3$  Н, время удара  $\tau = 8 \cdot 10^{-3}$  с? Масса мяча  $m = 0,5$  кг. Считать, что сила, действующая на мяч во время удара, нарастает и спадает по линейному закону (рис. 2.15).

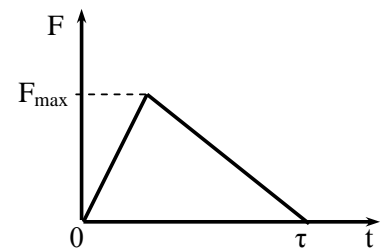


Рис. 2.1.

24. Человек массой  $m = 75$  кг прыгает с берега в лодку. Его скорость горизонтальна и равна  $v_0 = 4$  м/с. На какое расстояние переместится лодка? Сила трения лодки о воду пропорциональна скорости и коэффициент пропорциональности  $\kappa = 10 \frac{H \cdot c}{M}$ .

25. Доску массой  $m = 1$  кг оттолкнули от берега пруда, сообщив ей начальную скорость  $v = 3$  м/с. Через какое время доска достигнет другого берега, если расстояние между берегами  $S = 10$  м? Сила сопротивления воды пропорциональна скорости:  $F_c = kv$ , где  $\kappa = 0,2 \frac{H \cdot c}{M}$ .

Размерами доски пренебречь.

26. Камень массой  $m$  падает вблизи поверхности Земли без начальной скорости. Найти зависимость скорости камня от времени. Считать, что сила сопротивления воздуха пропорциональна скорости:  $F_c = kv$ , где  $\kappa$  – известная постоянная. Ускорение свободного падения  $g$ .

27. Парашютист массой  $m_1 = 80$  кг падает при открытом парашюте с установившейся скоростью  $v_1 = 5$  м/с. Какой будет установившаяся скорость, если на том же парашюте спускается мальчик массой  $m_2 = 40$  кг? Сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости:  $F_c = kv^2$ .
28. Три камня массами  $m_1 = 100$  г,  $m_2 = 200$  г и  $m_3 = 300$  г движутся со скоростями  $\vec{v}_1 = 5\vec{i} - 3\vec{j} + 4\vec{k}$  (м/с),  $\vec{v}_2 = 2\vec{i} - 6\vec{j} - 2\vec{k}$  (м/с),  $\vec{v}_3 = \vec{i} + \vec{j} + 2\vec{k}$  (м/с) соответственно. Найти модуль вектора скорости движения центра масс. ( $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$  - единичные базисные векторы декартовой системы координат).
29. Пластилинный шар бросают вертикально вверх со скоростью  $v_0 = 10$  м/с. Одновременно с высоты  $h = 7$  м начинает свободно падать другой точно такой же шар, как показано на рисунке 2.12. С какой скоростью упадёт на землю комок пластилина? Сопротивлением воздуха пренебречь.
30. 2.13. Тележка массой  $M$  движется по горизонтальной поверхности со скоростью  $v_0$ . В момент времени  $t = 0$  начинает идти снег, падающий вертикально. Найти зависимость скорости тележки от времени, если на тележку каждую секунду падает масса снега  $\mu$ . Снег с тележки не слетает. Трением пренебречь.
31. Ракета стартует с поверхности земли и движется вертикально вверх. Считая ускорение свободного падения  $g$  постоянным и пренебрегая сопротивлением атмосферы, найти зависимость скорости ракеты от времени полёта. Первоначальная масса ракеты с топливом  $m_0$ , расход топлива постоянен и равен  $\mu$ . Продукты сгорания вылетают из ракеты с постоянной относительно неё скоростью  $u$ .
32. Ракета, двигаясь в космическом пространстве со скоростью  $v$  попадает в облако пыли плотностью  $\rho$ . Какую силы тяги должны развивать двигатели ракеты, чтобы она двигалась с постоянной скоростью? Удары пылинок о ракету считать неупругими. Площадь лобового сечения ракеты  $S$ .
33. Водомётный катер движется с постоянной скоростью, забирая забортную воду и выбрасывая назад струю со скоростью  $u = 15$  м/с относительно катера. Масса каждую секунду выбрасываемой воды  $\mu = 150$  кг/с. Найти скорость катера, если действующая на него сила сопротивления пропорциональна квадрату скорости:  $F_c = kv^2$ , где  $\kappa = 7,5 \frac{H \cdot c^2}{M^2}$ .

## 1. Элементы кинематики

1.1. Пароход идет по реке от пункта А до пункта В со скоростью 10 км/ч, а обратно - со скоростью 16 км/ч. Найти: 1) среднюю скорость парохода, 2) скорость течения реки. [12,3 км/ч, 0,83 м/с]

1.2. Скорость течения реки 3 км/ч, а скорость движения лодки относительно воды 6 км/ч. Определите, под каким углом относительно берега должна двигаться лодка, чтобы проплыть поперек реки. [60°]

1.3. Велосипедист проехал первую половину времени своего движения со скоростью 16 км/ч, вторую половину времени — со скоростью 12 км/ч. Определите среднюю скорость движения велосипедиста. [14 км/ч]

1.4. Велосипедист проехал первую половину пути со скоростью 16 км/ч, вторую половину пути — со скоростью 12 км/ч. Определите среднюю скорость движения велосипедиста. [13,7 км/ч]

1.5. Студент проехал половину пути на велосипеде со скоростью 16 км/ч. Далее в течение половины оставшегося времени он ехал со скоростью 12 км/ч, а затем до конца пути шел пешком со скоростью 5 км/ч. Определите среднюю скорость движения студента на всем пути. [11,1 км/ч]

1.6. После удара клюшкой шайба скользит по льду с постоянным ускорением. В конце пятой секунды после начала движения ее скорость была равна 1,5 м/с, а в конце шестой секунды шайба остановилась. С каким ускорением двигалась шайба, какой путь прошла и какова была ее скорость на расстоянии 20 м от начала движения? [1,5 м/с<sup>2</sup>, 27 м, 4,6 м/с]

1.7. Тело, брошенное вертикально вверх, через 3с после начала движения имело скорость 7 м/с. На какую максимальную высоту относительно места броска поднялось тело? Считать  $g = 9,8 м/с^2$ . Сопротивлением воздуха пренебречь. [67,6 м]

1.8. Тело падает вертикально с высоты 19,6 м с нулевой начальной скоростью. Какой путь пройдет тело: 1) за первую 0,1 с своего движения, 2) за последнюю 0,1 с своего движения? Считать  $g = 9,8 м/с^2$ . Сопротивлением воздуха пренебречь. [0,049 м, 1,9 м]

1.9. Тело падает вертикально с высоты 19,6 м с нулевой начальной скоростью. За какое время тело пройдет: 1) первый 1 м своего пути, 2) последний 1 м своего пути? Считать  $g = 9,8 м/с^2$ . Сопротивлением воздуха пренебречь. [0,4с, 0,05с]

1.10. С башни в горизонтальном направлении брошено тело с начальной скоростью 10 м/с. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите для момента времени  $t = 2$  с после начала движения: 1) скорость тела; 2) радиус кривизны траектории. Считать  $g = 9,8 м/с^2$ . [22 м/с, 109 м]

1.11. Камень брошен горизонтально со скоростью 5 м/с. Определите нормальное и тангенциальное ускорения камня через 1 с после начала движения. Считать  $g = 9,8 м/с^2$ . Сопротивлением воздуха пренебречь. [4,45 м/с<sup>2</sup>, 8,73 м/с<sup>2</sup>]

1.12. Камень брошен горизонтально со скоростью 10 м/с. Найти радиус кривизны траектории камня через 3 с после начала движения. Считать  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ . Соппротивление воздуха не учитывать. [305 м]

1.13. Материальная точка начинает двигаться по окружности радиусом  $r = 2,5$  см с постоянным тангенциальным ускорением  $a_\tau = 0,5 \text{ см/с}^2$ . Определите: 1) момент времени, при котором вектор ускорения  $\vec{a}$  образует с вектором скорости  $\vec{v}$  угол  $45^\circ$ ; 2) путь, пройденный за это время движущейся точкой. [1)  $\sqrt{5}$  с; 2) 1,25 см]

1.14. Линейная скорость точки, находящейся на ободу вращающегося диска, в три раза больше, чем линейная скорость точки, находящейся на 6 см ближе к его оси. Определите радиус диска. [9 см]

1.15. Колесо вращается с постоянным угловым ускорением 3 рад/с<sup>2</sup>. Определите радиус колеса, если через 1 с после начала движения полное ускорение колеса  $7,5 \text{ м/с}^2$ . [79 см]

1.16. Два автомобиля, выехав одновременно из одного пункта, движутся прямолинейно в одном направлении. Зависимость пройденного ими пути задается уравнениями  $S_1 = At + Bt^2$  и  $S_2 = Ct + Dt^2 + Ft^3$ . Определите закон изменения относительной скорости автомобилей. [ $v = A - C + 2(B - D) \cdot t - 3Ft^2$ ]

1.17. Кинематические уравнения движения двух материальных точек имеют вид  $x_1 = A_1 + B_1t + C_1t^2$  и  $x_2 = A_2 + B_2t + C_2t^2$ , где  $B_1 = B_2$ ,  $C_1 = -2 \text{ м/с}^2$ ,  $C_2 = 1 \text{ м/с}^2$ . Определите: 1) момент времени, для которого скорости этих точек будут равны; 2) ускорения  $a_1$  и  $a_2$  для этого момента. [1) 0; 2) - 4 м/с<sup>2</sup>; 2 м/с<sup>2</sup>]

1.18. Диск вращается так, что зависимость линейной скорости точек, лежащих на ободу диска, от времени задается уравнением  $v = At + Bt^2$  ( $A = 0,3 \text{ м/с}^2$ ,  $B = 0,1 \text{ м/с}^3$ ). Определите радиус, если к концу 2 секунды движения вектор полного ускорения образует с вектором скорости угол  $\varphi = 86^\circ$ . [0,1 м]

1.19. Нормальное ускорение точки, движущейся по окружности радиусом  $r = 4 \text{ м}$ , задается уравнением  $a_n = At^2$ , где  $A = 4 \text{ м/с}^4$ . Определите: 1) тангенциальное ускорение точки; 2) путь, пройденный точкой за время  $t_1 = 5$  с после начала движения; 3) полное ускорение для момента времени  $t_2 = 1$  с. [1) 4 м/с<sup>2</sup>; 2) 50 м; 3)  $4\sqrt{2}$  м/с<sup>2</sup>]

1.20. Зависимость пройденного телом пути  $s$  от времени  $t$  выражается уравнением  $s = At - Bt^2 + Ct^3$  ( $A = 2 \text{ м/с}$ ,  $B = 3 \text{ м/с}^2$ ,  $C = 4 \text{ м/с}^3$ ). Запишите выражения для скорости и ускорения. Определите для момента времени  $t = 2 \text{ с}$  после начала движения пройденный путь, скорость и ускорение. [24 м; 38 м/с; 42 м/с<sup>2</sup>]

1.21. Зависимость пройденного телом пути от времени задаётся уравнением  $s = A - Bt + Ct^2$ , где  $A = 5\text{ м}$ ,  $B = 4\text{ м/с}$ ,  $C = 1\text{ м/с}^2$ . Запишите выражения для скорости и ускорения. Определите для момента времени  $t = 3\text{ с}$  после начала движения пройденный путь, скорость и ускорение. [2 м; 2 м/с; 2 м/с<sup>2</sup>]

1.22. Зависимость пройденного телом пути от времени задаётся уравнением  $s = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ , где  $A = 0,1\text{ м}$ ,  $B = 0,1\text{ м/с}$ ,  $C = 0,14\text{ м/с}^2$ ,  $D = 0,01\text{ м/с}^3$ . 1) Через сколько времени после начала движения ускорение тела будет равно  $1\text{ м/с}^2$ ? 2) Чему равно среднее ускорение тела за этот промежуток времени? [1) через 12 с; 2) 0,64 м/с<sup>2</sup>]

1.23. Зависимость пройденного телом пути от времени задаётся уравнением  $s = A - Bt + Ct^2$ , где  $A = 6\text{ м}$ ,  $B = 3\text{ м/с}$ ,  $C = 2\text{ м/с}^2$ . Найти среднюю скорость и среднее ускорение в интервале времени от 1 с до 4 с. [ $v = 7\text{ м/с}$ ;  $a = 4\text{ м/с}^2$ ]

1.24. Зависимость пройденного телом пути по окружности радиусом  $r = 3\text{ м}$  задается уравнением  $s = At^2 + Bt$  ( $A = 0,4\text{ м/с}^2$ ,  $B = 0,1\text{ м/с}$ ). Для момента времени  $t = 1\text{ с}$  после начала движения определите нормальное, тангенциальное и полное ускорения. [0,27 м/с<sup>2</sup>; 0,8 м/с<sup>2</sup>; 0,84 м/с<sup>2</sup>]

1.25. Радиус-вектор материальной точки изменяется со временем по закону  $\vec{r} = t^3\vec{i} + 3t^2\vec{j}$ , где  $\vec{i}, \vec{j}$  - орты осей  $x$  и  $y$ . Определите для момента времени  $t = 1\text{ с}$  модуль скорости и модуль ускорения. [6,7 м/с; 8,48 м/с<sup>2</sup>]

1.26. Радиус-вектор материальной точки изменяется со временем по закону  $\vec{r} = 4t^2\vec{i} + 3t\vec{j} + 2t\vec{k}$ . Запишите зависимости скорости и ускорения от времени. Определите модуль скорости в момент времени  $t = 2\text{ с}$ . [16,3 м/с]

1.27. Диск радиусом 10 см вращается вокруг неподвижной оси так, что зависимость угла поворота радиуса диска от времени задается уравнением  $\varphi = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$  ( $B = 1\text{ рад/с}$ ,  $C = 1\text{ рад/с}^2$ ,  $D = 1\text{ рад/с}^3$ ). Определите для точек на ободе диска к концу второй секунды после начала движения тангенциальное, нормальное и полное ускорения. [1,4 м/с<sup>2</sup>; 28,9 м/с<sup>2</sup>; 28,9 м/с<sup>2</sup>]

1.28. Диск вращается вокруг неподвижной оси так, что зависимость угла поворота радиуса диска от времени задается уравнением  $\varphi = At^2$  ( $A = 0,5\text{ рад/с}^2$ ). Определите к концу второй секунды после начала движения: 1) угловую скорость диска; 2) угловое ускорение диска; 3) для точки, находящейся на расстоянии 80 см от оси вращения, тангенциальное, нормальное и полное ускорения. [1) 2 рад/с; 2) 1 рад/с<sup>2</sup>; 3) 0,8 м/с<sup>2</sup>, 3,2 м/с<sup>2</sup>, 3,3 м/с<sup>2</sup>]



1.29. Диск вращается вокруг неподвижной оси так, что зависимость угла поворота радиуса диска от времени задается уравнением  $\varphi = At^2$  ( $A = 0,1 \text{ рад/с}^2$ ). Определите полное ускорение точки на ободе диска к концу второй секунды после начала движения, если в этот момент линейная скорость этой точки  $0,4 \text{ м/с}$ . [ $0,25 \text{ м/с}^2$ ]

1.30. Диск радиусом  $0,2 \text{ м}$  вращается вокруг неподвижной оси так, что зависимость угловой скорости от времени задается уравнением  $\omega = 5At^2$ , где  $A = 1 \text{ рад/с}^3$ . Определите для точек на ободе диска к концу первой секунды после начала движения полное ускорение и число оборотов, сделанных диском за первую минуту движения. [ $5,8 \text{ м/с}^2$ ;  $15$ ,  $9$ ]

1.31. Диск радиусом  $10 \text{ см}$  вращается так, что зависимость угла поворота радиуса диска от времени задается уравнением  $\varphi = A + Bt^3$  ( $A = 2 \text{ рад}$ ,  $B = 4 \text{ рад/с}^3$ ). Определите для точек на ободе колеса: 1) нормальное ускорение в момент времени  $2 \text{ с}$ ; 2) тангенциальное ускорение для этого же момента; 3) угол поворота, при котором полное ускорение составляет с радиусом колеса  $45^\circ$ . [1)  $230 \text{ м/с}^2$ ; 2)  $4,8 \text{ м/с}^2$ ; 3)  $2,67 \text{ рад}$ ]

1.32. Якорь электродвигателя, имеющий частоту вращения  $50 \text{ с}^{-1}$ , после выключения тока, сделав  $628$  оборотов, остановился. Определите угловое ускорение якоря. [ $12,5 \text{ рад/с}^2$ ]

1.33. Колесо автомобиля вращается равнозамедленно. За время  $2 \text{ мин}$  оно изменило частоту вращения от  $240$  до  $60 \text{ мин}^{-1}$ . Определите: 1) угловое ускорение колеса; 2) число полных оборотов, сделанных колесом за это время. [1)  $0,157 \text{ рад/с}^2$ ; 2)  $300$ ]

1.34. Колесо, вращаясь равноускоренно, достигло угловой скорости  $20 \text{ рад/с}$  через  $10$  оборотов после начала вращения. Найдите угловое ускорение колеса. [ $3,2 \text{ рад/с}^2$ ]

1.35. Колесо спустя  $1 \text{ мин}$  после начала вращения приобретает скорость, соответствующую частоте  $720 \text{ об/мин}$ . Найдите угловое ускорение колеса и число оборотов, сделанных колесом за эту минуту. Движение считать равноускоренным. [ $1,26 \text{ рад/с}^2$ ;  $360 \text{ об}$ ]

1.36. Колесо, вращаясь равнозамедленно, при торможении уменьшило частоту вращения за  $1 \text{ мин}$  с  $300 \text{ об/мин}$  до  $180 \text{ об/мин}$ . Найдите угловое ускорение колеса и число оборотов, сделанных за это время. [ $0,21 \text{ рад/с}^2$ ;  $240 \text{ об}$ ]

## 2. Динамика материальной точки и поступательного движения твердого тела

2.1. Тело массой  $2 \text{ кг}$  движется прямолинейно по закону  $s = A - Bt + Ct^2 - Dt^3$  ( $C = 2 \text{ м/с}^2$ ,  $D = 0,4 \text{ м/с}^3$ ). Определите силу, действующую на тело в конце первой секунды движения. [ $3,2 \text{ Н}$ ]

2.2. Тело массой  $m$  движется так, что зависимость пройденного пути от времени описывается уравнением  $s = A \cos \omega t$ , где  $A$  и  $\omega$  — постоянные. Запишите закон изменения силы от времени. [ $F = -m A \omega^2 \cos \omega t$ ]

2.3. Под действием постоянной силы 9,8 Н тело движется прямолинейно так, что зависимость пройденного пути от времени даётся уравнением  $s = A - Bt + Ct^2$ , где  $C = 1 \text{ м/с}^2$ . Найдите массу тела. [4,9 кг]

2.4. Тело массой  $m$  движется в плоскости  $xy$  по законам  $x = A \cos \omega t$ ,  $y = B \sin \omega t$ , где  $A$ ,  $B$  и  $\omega$  — некоторые постоянные. Определите модуль силы, действующей на это тело. [ $F = m \omega^2 \sqrt{x^2 + y^2}$ ]

2.5. Два груза ( $m_1 = 500 \text{ г}$  и  $m_2 = 700 \text{ г}$ ) связаны невесомой нитью и лежат на гладкой горизонтальной поверхности (рис. 1). К грузу  $m_1$  приложена горизонтально направленная сила  $F = 6 \text{ Н}$ . Пренебрегая трением, определите: 1) ускорение грузов; 2) силу натяжения нити. [1)  $5 \text{ м/с}^2$ ; 2)  $3,5 \text{ Н}$ ]

2.6. Два груза одинаковой массы ( $m_1 = m_2 = 500 \text{ г}$ ) связаны невесомой нитью и лежат на горизонтальной поверхности (рис. 1). К одному грузу приложена горизонтально направленная

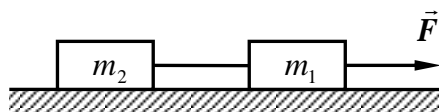


Рис. 1

сила  $F = 5 \text{ Н}$ . Коэффициент трения каждого груза о поверхность равен 0,1. Определите: 1) ускорение грузов; 2) силу натяжения нити. [1)  $4 \text{ м/с}^2$ ; 2)  $2 \text{ Н}$ ]

2.7. Тело массой 2 кг падает вертикально с ускорением  $5 \text{ м/с}^2$ . Определите силу сопротивления тела о воздух. [10 Н]

2.8. К нити подвешен груз массой 500 г. Определите силу натяжения нити, если нить с грузом поднимать с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ . [6 Н]

2.9. К нити подвешен груз массой 500 г. Определите силу натяжения нити, если нить с грузом опускать с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ . [4 Н]

2.10. На шнуре, перекинутом через неподвижный блок, подвешены грузы массами 0,3 и 0,2 кг. С каким ускорением движутся грузы? Какова сила натяжения шнура во время движения? [ $2 \text{ м/с}^2$ ;  $2,4 \text{ Н}$ ]

2.11. На нити, перекинутой через неподвижный блок, подвешены грузы массами 0,3 и 0,34 кг. За 2 с после начала движения каждый груз прошёл путь 1,2 м. По данным опыта найдите ускорение свободного падения. [ $9,6 \text{ м/с}^2$ ]

2.12. На рис. 2 изображена система блоков, к которым подвешены грузы массами  $m_1 = 200$  г и  $m_2 = 500$  г. Считая, что груз  $m_1$  поднимается, а подвижный блок с грузом  $m_2$  опускается, нить и блоки невесомы, силы трения отсутствуют, определите: 1) силу натяжения нити; 2) ускорения, с которыми движутся грузы.

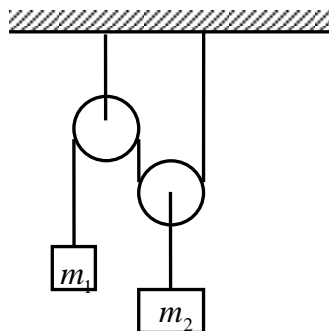


Рис. 2

[1) 2,3 Н; 2)  $a_1 = 1,54 \text{ м/с}^2$ , 3)  $a_2 = 0,77 \text{ м/с}^2$ ]

2.13. Под действием груза массой  $m_1 = 100$  г (рис. 3) брусок массой  $m_2 = 400$  г проходит из состояния покоя путь 80 см за 2 с. Найдите коэффициент трения. [0,2]

2.14. Грузы одинаковой массой ( $m_1 = m_2 = 0,5$  кг) соединены нитью и перекинута через невесомый блок, укрепленный на конце стола (рис. 3). Коэффициент трения груза  $m_2$  о стол 0,15. Пренебрегая трением в блоке, определите: 1) ускорение, с которым движутся грузы; 2) силу натяжения нити. [1)  $4,25 \text{ м/с}^2$ ; 2) 2,875 Н].

2.15. Система грузов (рис. 3) массами  $m_1 = 0,6$  кг и  $m_2 = 0,5$  кг находится в лифте, движущемся вверх с ускорением  $a = 5 \text{ м/с}^2$ . Определите силу натяжения нити, если коэффициент

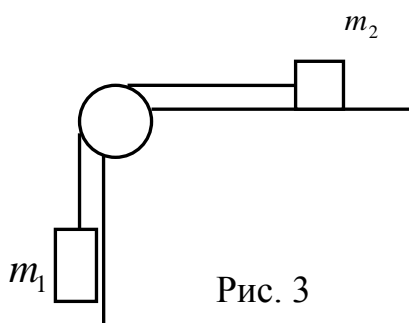


Рис. 3

трения между грузом массы  $m_2$  и опорой 0,1. [4,5 Н]

2.16. Тело А массой 2 кг (рис. 4) находится на горизонтальном столе и соединено нитя-

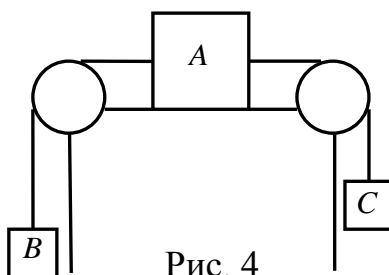


Рис. 4

ми посредством блоков с телами  $B$  ( $m_1 = 0,5$  кг) и  $C$  ( $m_2 = 0,3$  кг). Считая нити и блоки невесомыми и пренебрегая силами трения, определите: 1) ускорение, с которым будут двигаться эти тела; 2) разность сил натяжения нитей. [1)  $0,7 \text{ м/с}^2$ ; 2)  $1,4 \text{ Н}$ ]

2.17. С каким ускорением движется система, изображённая на рис. 4, если масса тел  $A$  и  $B$  равна  $m = 1 \text{ кг}$ , а масса тела  $C$  равна  $2m$ . Коэффициент трения равен  $0,2$ . Определите силы натяжения нити, связывающей тела  $A$  и  $B$ , и силы натяжения нити, связывающей тела  $A$  и  $C$ . [ $2,7 \text{ м/с}^2$ ;  $12,7 \text{ Н}$ ;  $14,6 \text{ Н}$ ]

2.18. По наклонной плоскости с углом наклона к горизонту, равным  $30^\circ$ , скользит тело. Определите скорость тела в конце второй секунды от начала скольжения, если коэффициент трения  $0,15$ . [ $7,4 \text{ м/с}$ ]

2.19. С вершины клина, длина которого  $2 \text{ м}$  и высота  $1 \text{ м}$ , начинает скользить небольшое тело. Коэффициент трения между телом и клином  $0,15$ . Определите ускорение, с которым движется тело, время прохождения тела вдоль клина и скорость тела у основания клина. [ $3,7 \text{ м/с}^2$ ;  $1,04 \text{ с}$ ;  $3,85 \text{ м/с}$ ]

2.20. На наклонной плоскости длиной  $5 \text{ м}$  и высотой  $3 \text{ м}$  находится груз массой  $50 \text{ кг}$ . Какую силу, направленную вдоль плоскости, надо приложить, чтобы тянуть груз вверх с ускорением  $1 \text{ м/с}^2$ ? Коэффициент трения  $0,2$ . [ $430 \text{ Н}$ ]

2.21. На наклонной плоскости длиной  $5 \text{ м}$  и высотой  $3 \text{ м}$  находится груз массой  $50 \text{ кг}$ . Какую силу, направленную вдоль плоскости, надо приложить, чтобы удержать этот груз? Коэффициент трения  $0,2$ . [ $220 \text{ Н}$ ]

2.22. Вагон массой  $1 \text{ т}$  спускается по канатной железной дороге с уклоном  $\alpha = 15^\circ$  к гори-

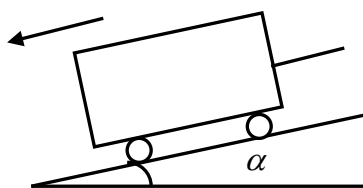


Рис. 5

зонту (рис. 5). Принимая коэффициент трения  $0,05$ , определите силу натяжения каната при торможении вагона в конце спуска, если скорость вагона перед торможением  $2,5 \text{ м/с}$ , а время торможения  $6 \text{ с}$ . [ $2,48 \text{ кН}$ ]

2.23. В установке (рис. 6) угол  $\alpha$  наклонной плоскости с горизонтом равен  $30^\circ$ , массы тел

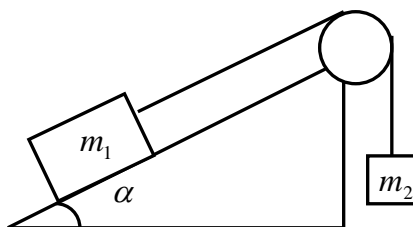


Рис. 6

$m_1=200$  г и  $m_2=300$  г. При этом тело массой  $m_1$  движется вверх по наклонной плоскости. Коэффициент трения 0,1. Считая нить и блок невесомыми определите ускорение, с которым будут двигаться эти тела и силу натяжения нити. [ $2,29 \text{ м/с}^2$ ;  $1,9 \text{ Н}$ ]

2.24. В установке (рис. 6) угол  $\alpha$  наклонной плоскости с горизонтом равен  $30^\circ$ , массы тел  $m_1=500$  г и  $m_2=200$  г. При этом тело массой  $m_1$  движется вниз по наклонной плоскости. Коэффициент трения 0,1. Считая нить и блок невесомыми определите ускорение, с которым будут двигаться эти тела и силу натяжения нити. [ $0,15 \text{ м/с}^2$ ;  $2,03 \text{ Н}$ ]

2.25. На тело (рис. 7) массой 10 кг, лежащее на наклонной плоскости ( $\alpha = 30^\circ$ ), действует

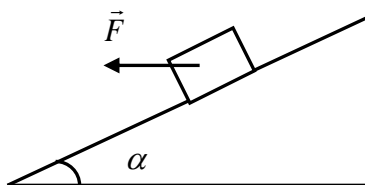


Рис. 7

горизонтально направленная сила  $F = 8 \text{ Н}$ . Коэффициент трения 0,1. Определите ускорение тела. [ $4,9 \text{ м/с}^2$ ]

2.26. В установке (рис. 8) углы  $\alpha$  и  $\beta$  с горизонтом соответственно равны  $30^\circ$  и  $45^\circ$ , массы

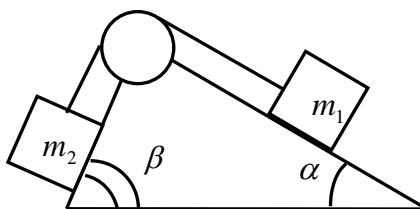


Рис. 8

тел  $m_1=0,45$  кг и  $m_2=0,5$  кг. Считая нить и блок невесомыми и пренебрегая силами трения, определите: 1) ускорение, с которым движутся тела; 2) силу натяжения нити. [1)  $1,35 \text{ м/с}^2$ ; 2)  $2,86 \text{ Н}$ ]

2.27. В установке (рис. 8) углы  $\alpha$  и  $\beta$  с горизонтом соответственно равны  $30^\circ$  и  $45^\circ$ , массы тел  $m_1 = m_2 = 1$  кг. Коэффициент трения каждого тела о плоскость равен 0,1. Считая нить и блок невесомыми определите: 1) ускорение, с которым движутся тела; 2) силу натяжения нити. [1)  $0,25 \text{ м/с}^2$ ; 2)  $6,1 \text{ Н}$ ]

2.28. К потолку вагона, движущегося в горизонтальном направлении с ускорением  $10 \text{ м/с}^2$ , подвешен на нити шарик массой 200 г. Определите для установившегося движения: 1) силу натяжения нити; 2) угол отклонения нити от вертикали. [1)  $2,8 \text{ Н}$ ; 2)  $45^\circ$ ]

2.29. Камень, привязанный к верёвке длиной 50 см, вращается в вертикальной плоскости. Найти, при каком числе оборотов в секунду верёвка оборвётся, если известно, что она разрывается при нагрузке, равной десятикратному весу камня. [2,1 об/с]

2.30. Камень, привязанный к верёвке, вращается в вертикальной плоскости. Найти массу камня, если известно, что разность между максимальным и минимальным натяжениями верёвки равна 10 Н. [0,5 кг]

2.31. Гирька, привязанная к нити длиной 30 см, описывает в горизонтальной плоскости окружность радиусом 15 см. Найдите частоту вращения гирьки. [59 об/мин]

2.32. Диск вращается вокруг вертикальной оси с частотой 30 об/мин. На расстоянии 20 см от оси вращения на диске лежит тело. Каков должен быть коэффициент трения между диском и телом, чтобы тело не скатилось с диска? [0,2]

2.33. С какой скоростью должен ехать автомобиль массой 2 т по выпуклому мосту с радиусом кривизны 40 м, чтобы в верхней точке он перестал оказывать давление на мост? [72 км/ч]

2.34. Шар массой 10 кг сталкивается с шаром массой 4 кг. Скорость первого шара 4 м/с, второго 12 м/с. Найти общую скорость шаров после удара в двух случаях: когда малый шар нагоняет большой шар, движущийся в том же направлении, и когда шары движутся навстречу друг другу. Удар считать прямым, центральным, неупругим. [6,29 м/с; 0,57 м/с]

2.35. Шар массой 200 г, движущийся со скоростью 10 м/с, ударяет неподвижный шар массой 800 г. Удар прямой, центральный, абсолютно упругий. Определите проекции скоростей шаров после удара. (Направление оси выбрать по движению первого шара до удара). [- 6 м/с; 4 м/с]

2.36. Граната, летящая со скоростью 10 м/с разорвалась на два осколка. Большой осколок, масса которого составляет 60% массы всей гранаты, продолжал двигаться в том же направлении, но с увеличенной скоростью, равной 25 м/с. Найдите скорость меньшего осколка. [-12,5 м/с]

2.37. Человек, стоящий в лодке, сделал шесть шагов вдоль лодки и остановился. На сколько шагов передвинулась лодка, если: 1) масса лодки в два раза больше массы человека; 2) масса лодки в два раза меньше массы человека? [2 шага; 4 шага]

2.38. В лодке массой 240 кг стоит человек массой 60 кг. Лодка плывет со скоростью 2 м/с. Человек прыгает с лодки в горизонтальном направлении со скоростью 4 м/с относительно лодки. Найти скорость лодки после прыжка человека: а) вперед по движению лодки; б) в сторону, противоположную движению лодки. [1 м/с; 3 м/с]

2.39. Тележка, масса которой (без человека) 120 кг, движется по инерции по горизонтальной плоскости со скоростью 6 м/с. С тележки соскакивает человек массой 80 кг под углом  $30^\circ$  к направлению ее движения. Скорость тележки уменьшается при этом до 4 м/с. Какова была скорость прыжка относительно плоскости? [10,4 м/с]

2.40. Шарик массой 10 г падает на горизонтальную плоскость с высоты 27 см. Найти среднюю силу удара в следующих случаях: а) шарик пластилиновый (абсолютно неупругий удар); б) шарик и плоскость из стали (абсолютно упругий удар); в) шарик пластмассовый и после удара поднимается на высоту 12 см. Длительность удара шарика с плоскостью 0,03 с. [0,77 Н; 1,53 Н; 1,28 Н]

2.41. Движущееся тело массой  $m_1$  ударяется о неподвижное тело массой  $m_2$ . Считая удар неупругим и центральным, найдите, какая часть первоначальной кинетической энергии переходит при ударе в тепло. [ $m_2 / (m_1 + m_2)$ ]

2.42. Груз массой 1 кг, висющий на нити, отклоняют на угол  $30^\circ$ . Найдите натяжение нити в момент прохождения грузом положения равновесия. [12,7 Н]

2.43. Груз массой 80 кг поднимают вдоль наклонной плоскости с ускорением  $1 \text{ м/с}^2$ . Длина наклонной плоскости 3 м, угол ее наклона к горизонту равен  $30^\circ$ , а коэффициент трения 0,15. Определите работу, совершаемую подъемным устройством, его среднюю и максимальную мощности. Начальная скорость груза равна нулю. [1,75 кДж; 715 Вт; 1,43 кВт]

2.43. Автомобиль массой 1,8 т движется равномерно в гору, уклон которой составляет 3 м на каждые 100 м пути. Определите работу, совершаемую двигателем автомобиля на пути 5 км, если коэффициент трения равен 0,1, а также развиваемую двигателем мощность, если известно, что этот путь был преодолен за 5 мин. [11,7 МДж; 39 кВт]

2.44. Определите работу, совершаемую при подъеме груза массой 50 кг по наклонной плоскости с углом наклона  $30^\circ$  к горизонту на расстояние 4 м, если время подъема 2 с, а коэффициент трения 0,06. [1,48 кДж]

2.45. Тело скользит с наклонной плоскости высотой  $h$  и углом наклона  $\alpha$  к горизонту и движется далее по горизонтальному участку. Принимая коэффициент трения на всем пути постоянным и равным  $\mu$ , определите расстояние  $s$ , пройденное телом на горизонтальном участке, до полной остановки. [ $s = h(1 - \mu \operatorname{ctg} \alpha) / \mu$ ]

2.46. Самолет массой 5 т двигался горизонтально со скоростью 360 км/ч. Затем он поднялся на 2 км. При этом его скорость стала 200 км/ч. Найдите работу, затраченную мотором на подъем самолета. [81 МДж]

2.47. Гирия массой 10 кг падает с высоты 0,5 м на подставку, скрепленную с пружиной жесткостью 30 Н/см. Определите при этом смещение пружины. [21,6 см]

2.48. С башни высотой 20 м горизонтально со скоростью 10 м/с брошен камень массой 400 г. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите для момента времени 1 с после начала движения кинетическую и потенциальную энергии камня. [39,2 Дж;59,2 Дж]

2.49. К нижнему концу пружины жесткостью  $k_1$  присоединена другая пружина жесткостью  $k_2$ , к концу которой прикреплена гиря. Пренебрегая массой пружин, определите отношение потенциальных энергий пружин. [ $E_{п1} / E_{п2} = k_2 / k_1$ ]

2.50. Из пружинного пистолета вылетела в горизонтальном направлении пулька, масса которой 5 г. Жесткость пружины 1,25 кН/м. Пружина была сжата на 8 см. Определите скорость пульки при вылете ее из пистолета. [40 м/с]

2.51. Струя воды сечением 6 см<sup>2</sup> ударяет о стенку под углом 60° к нормали и упруго отскакивает от стенки без потери скорости. Найдите силу, действующую на стенку, если известно, что скорость течения воды в струе 12 м/с. [86,4 Н]

2.52. Из реактивной установки массой 0,5 т, находящейся первоначально в покое, в горизонтальном направлении выбрасывается последовательно две порции вещества со скоростью 1000 м/с относительно установки. Масса каждой порции 25 кг. Какой станет скорость установки после выброса второй порции? Трение отсутствует. [-108,2 м/с]

2.53. Снаряд в верхней точке траектории, соответствующей высоте 1000 м, разорвался на две части 1 кг и 1,5 кг. Скорость снаряда в этой точке 100 м/с. Скорость большего осколка оказалась горизонтальной (скорость равна 250 м/с) и совпадающей по направлению со скоростью снаряда. Определить расстояние между точками падения обоих осколков. [1694 м].

2.54. На краю стола высоты  $h$  лежит маленький шарик массы  $m_1$ . В него попадает пуля массы  $m_2$ , движущаяся горизонтально со скоростью  $v$ , направленной в центр шарика. Пуля застревает в шарике. На каком расстоянии от стола по горизонтали шарик упадет на землю? [ $S = m_2 v \sqrt{2h/g} / (m_1 + m_2)$ ]

2.55. Тяжелый шарик, подвешенный на нерастяжимой и невесомой нити, имеющей длину  $L$ , отклоняют от вертикали на угол  $\alpha$  и затем отпускают. Какую максимальную скорость  $v$  приобретет шарик? [ $v = \sqrt{2gL(1 - \cos \alpha)}$ ].

### 3. Вращательное движение твердых тел

3.1. Определите момент инерции сплошного однородного диска радиусом 40 см и массой 1 кг относительно оси, проходящей через середину одного из радиусов перпендикулярной плоскости диска. [0,12 кг·м<sup>2</sup>]



3.2. Определите момент инерции тонкого однородного стержня длиной 50 см и массой 360 г относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через его конец. [ $3 \cdot 10^{-2}$  кг·м<sup>2</sup>]

3.3. Определите момент инерции тонкого однородного стержня длиной 50 см и массой 360 г относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через точку, отстоящую от конца стержня на 1/6 его длины. [ $1,75 \cdot 10^{-2}$  кг·м<sup>2</sup>]

3.4. Тонкий обруч диаметром 56 см и массой 300 г висит на гвозде, вбитом в стену. Определите его момент инерции относительно этого гвоздя. [ $0,047$  кг·м<sup>2</sup>]

3.5. Однородный шарик массой 100 г подвешен на нити, длина которой равна радиусу шарика. Определите момент инерции шарика относительно точки подвеса, если длина нити 20 см. [ $0,0176$  кг·м<sup>2</sup>]

3.6. Определите момент инерции сплошного однородного цилиндра радиусом 20 см и массой 1 кг относительно оси, проходящей через образующую цилиндра. [ $0,06$  кг·м<sup>2</sup>]

3.7. Однородный шар радиусом 10 см и массой 5 кг вращается вокруг оси симметрии согласно уравнению  $\varphi = A + Bt^2 + Ct^3$  ( $B = 2$  рад/с<sup>2</sup>,  $C = -0,5$  рад/с<sup>3</sup>). Определите момент сил для  $t = 3$  с. [ $-0,1$  Н·м]

3.8. Маховик в виде сплошного диска, момент инерции которого  $150$  кг·м<sup>2</sup>, вращается с частотой 240 об/мин. Через время  $t = 1$  мин после того, как на маховик стал действовать момент сил торможения, он остановился. Определите момент сил торможения и число оборотов маховика от начала торможения до полной остановки. [ $62,8$  Н·м; 120]

3.9. К ободу однородного сплошного диска радиусом 0,5 м приложена постоянная касательная сила 100 Н. При вращении диска на него действует момент сил трения 2 Н·м. Определите массу диска, если известно, что его угловое ускорение постоянно и равно 16 рад/с<sup>2</sup>. [24 кг]

3.10. Частота вращения маховика, момент инерции которого равен  $120$  кг·м<sup>2</sup>, составляет 240 об/мин. После прекращения действия на него вращающего момента маховик под действием сил трения в подшипниках остановился за время  $t = 3,14$  мин. Считая трение в подшипниках постоянным, определите момент сил трения. [16 Н·м]

3.11. Вентилятор вращается с частотой 600 об/мин. После выключения он начал вращаться равнозамедленно и, сделав 50 оборотов, остановился. Работа сил торможения равна 31,4 Дж. Определите момент сил торможения и момент инерции вентилятора. [0,1 Н·м; 15,9 кг·м<sup>2</sup>]

3.12. Маховик в виде сплошного диска, момент инерции которого  $1,5$  кг·м<sup>2</sup>, вращаясь при торможении равнозамедленно, за время  $t = 1$  мин уменьшил частоту вращения с 240 об/мин до 120 об/мин. Определите угловое ускорение маховика и момент силы торможения. [ $0,21$  рад/с<sup>2</sup>; 0,315 Н·м]

3.13. Однородный диск радиусом 0,2 м и массой 0,5 кг вращается вокруг оси, проходящей через его центр. Зависимость угловой скорости вращения диска от времени дается уравнением  $\omega = A + Bt$  ( $B = 8 \text{ рад/с}^2$ ). Найдите величину касательной силы, приложенной к ободу диска. Трением пренебречь. [0,4 Н]

3.14. Маховик, момент инерции которого равен  $63,6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ , вращается с постоянной угловой скоростью 31,4 рад/с. Найдите тормозящий момент, под действием которого маховик останавливается через 20 с. [100 Н·м]

3.15. Однородный стержень длиной 1 м и массой 0,5 кг вращается в вертикальной плоскости вокруг горизонтальной оси, проходящей через середину стержня. С каким угловым ускорением вращается стержень, если вращающий момент равен  $9,81 \cdot 10^{-2} \text{ Н}\cdot\text{м}$ ? [2,35 рад/с<sup>2</sup>]

3.16. Через неподвижный блок в виде однородного сплошного цилиндра массой 160 г перекинута невесомая нить, к концам которой подвешены грузы массами 200 г и 300 г. Пренебрегая трением в оси блока, определите ускорение грузов и силы натяжения. [1,69 м/с<sup>2</sup>; 2,3 Н; 2,44 Н]

3.17. На однородный сплошной цилиндрический вал радиусом 50 см намотана легкая нить, к концу которой прикреплен груз массой 6,4 кг. Груз, разматывая нить, опускается с ускорением 2 м/с<sup>2</sup>. Определите момент инерции и массу вала. [6,25 кг·м<sup>2</sup>; 50 кг]

3.18. На барабан массой 9 кг намотан шнур, к концу которого привязан груз массой 2 кг. Найдите ускорение груза. Барабан считать однородным диском. Трением пренебречь. [3 м/с<sup>2</sup>]

3.19. На барабан радиусом 0,5 м намотан шнур, к концу которого привязан груз массой 1 кг. Найдите момент инерции барабана, если известно, что груз опускается с ускорением 2,04 м/с<sup>2</sup>. [9,5 кг·м<sup>2</sup>]

3.20. Через подвижный блок в виде однородного сплошного цилиндра массой 0,2 кг перекинута невесомая нить, к концам которой прикреплены тела массами 0,35 кг и 0,55 кг. Пренебрегая трением в оси блока, определите ускорение грузов и отношение сил натяжения нити. [1,96 м/с<sup>2</sup>; 1,05]

3.21. Тело массой 0,25 кг, соединенное невесомой нитью посредством блока (в виде полуголого тонкостенного цилиндра) с телом массой 0,2 кг, скользит по поверхности горизонтального стола (рис.3). Масса блока 0,15 кг. Коэффициент трения тела о поверхность равен 0,2. Пренебрегая трением в подшипниках, определите ускорение, с которым будут двигаться эти тела и силы натяжения нити по обе стороны блока. [2,45 м/с<sup>2</sup>; 1,1 Н; 1,47 Н]

3.22. К ободу однородного сплошного диска массой 10 кг, насаженного на ось, приложена постоянная касательная сила 30 Н. Определите кинетическую энергию диска через время 4 с после начала действия силы. [1,44 кДж]

3.23. Диск массой 2 кг катится без скольжения по горизонтальной плоскости со скоростью 4 м/с. Найдите кинетическую энергию диска. [24 Дж]

- 3.24. Шар диаметром 6 см катится без скольжения по горизонтальной плоскости, делая 4 об/с. Масса шара 0,25 кг. Найдите кинетическую энергию шара. [0,1 Дж]
- 3.25. Полная кинетическая энергия диска, катящегося по горизонтальной поверхности, равна 24 Дж. Определите кинетические энергии поступательного и вращательного движений диска. [16 Дж; 8 Дж]
- 3.26. Шар и сплошной цилиндр одинаковой массы, изготовленные из одного и того же материала, катятся без скольжения с одинаковой скоростью. Определите, во сколько раз кинетическая энергия шара меньше кинетической энергии сплошного цилиндра. [В 1,07 раза]
- 3.27. Обруч и диск имеют одинаковую массу и катятся без скольжения с одинаковой линейной скоростью. Кинетическая энергия обруча равна 4 Дж. Найдите кинетическую энергию диска. [2 Дж]
- 3.28. Определите, во сколько раз полная кинетическая энергия обруча, скользящего вдоль наклонной плоскости, меньше полной кинетической энергии обруча, катящегося по наклонной плоскости. [в 2 раза]
- 3.29. Сплошной однородный диск скатывается без скольжения по наклонной плоскости, образующей угол  $\alpha$  с горизонтом. Определите линейное ускорение центра диска. [ $(2g\sin\alpha)/3$ ]
- 3.30. С наклонной плоскости, составляющей угол  $\alpha$  с горизонтом, скатывается шар. С каким ускорением движется центр шара? [ $(5g\sin\alpha)/7$ ]
- 3.31. Шар скатывается с наклонной плоскости высотой 90 см. Какую линейную скорость будет иметь центр шара в тот момент, когда шар скатится с наклонной плоскости? [3,5 м/с]
- 3.32. С наклонной плоскости, составляющей угол  $30^\circ$  к горизонту, скатывается без скольжения шарик. Пренебрегая трением, определите время движения шарика по наклонной плоскости, если известно, что его центр масс при скатывании понизился на 30 см. [0,585 с]
- 3.33. Колесо радиусом 30 см и массой 3 кг скатывается без трения по наклонной плоскости длиной 5 м и углом наклона  $30^\circ$ . Определите момент инерции колеса, если его скорость в конце движения составляла 4 м/с. [0,057 кг·м<sup>2</sup>]
- 3.34. Вертикальный столб высотой 5 м подпиливается у основания и падает на землю. Определите линейную и угловую скорости его верхнего конца в момент удара о землю. [12 м/с; 2,4 рад/с]
- 3.35. По горизонтальной плоской поверхности катится диск со скоростью 8 м/с. Определите коэффициент сопротивления, если диск, будучи предоставленным самому себе, остановился, пройдя путь 18 м. [0,27]
- 3.36 Шар массой 3 кг катится 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. [6,15 Дж]

3.37 Шар массой 1 кг, катящийся без скольжения, ударяется о стенку и откатывается от нее. Скорость шара до удара о стенку 10 см/с, после удара 8 см/с. Найдите количество теплоты, выделившееся при ударе, и импульс, который получает стенка. [2,52 мДж; 0,18 кг·м/с]

3.38 Медный шар радиусом 10 см вращается с частотой 2 об/с, вокруг оси, проходящей через его центр. Какую работу надо совершить, чтобы увеличить угловую скорость вращения вдвое? [34,1 Дж]

3.39 Деревянный стержень массой 1 кг и длиной 40 см может вращаться вокруг оси, проходящей через его середину перпендикулярно к стержню. В конец стержня попадает пуля массой 10 г, летящая перпендикулярно к оси и стержню со скоростью 200 м/с. Определите угловую скорость, которую получит стержень, если пуля застрянет в нем. [29 рад/с]

3.40 Два маленьких шарика массами 40 г и 120 г соответственно соединены стержнем длиной 20 см, масса которого ничтожно мала. Система вращается около оси, перпендикулярной к стержню и проходящей сквозь центр инерции системы. Определить импульс и момент импульса системы. Частота оборотов равна  $3 \text{ с}^{-1}$ . [0;  $2,3 \cdot 10^{-2} \text{ кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}$ ]

3.41 Маховик начинает вращаться из состояния покоя с постоянным угловым ускорением  $0,4 \text{ рад}/\text{с}^2$ . Определите кинетическую энергию маховика через 25 с после начала движения, если через 10 с после начала движения момент импульса маховика составлял  $60 \text{ кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}$ . [750 Дж]

3.42 Какую работу нужно произвести, чтобы увеличить частоту оборотов маховика от 0 до  $120 \text{ мин}^{-1}$ ? Массу маховика, равную 0,5 т, можно считать распределенной по ободу диаметром 1,5 м. Трением пренебречь. [22,2 кДж]

3.43 На скамье Жуковского (вращающаяся платформа без трения) стоит человек и держит в руках стержень по оси скамьи. Скамья с человеком вращается с угловой скоростью 4 рад/с. С какой скоростью будет вращаться скамья с человеком, если стержень повернуть так, чтобы он занял горизонтальное положение? Суммарный момент инерции человека и скамьи  $5 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ , длина стержня 2 м, масса 6 кг. Считать, что центр масс стержня с человеком в обоих случаях находится на оси платформы. [2,9 рад/с]

3.44 На неподвижной скамье Жуковского стоит человек и держит в руке за ось велосипедное колесо, вращающееся вокруг своей оси с угловой скоростью 25 рад/с. Ось колеса расположена вертикально и совпадает с осью скамьи. С какой скоростью станет вращаться скамья, если повернуть колесо вокруг горизонтальной оси на угол  $90^\circ$ ? Момент инерции человека и скамьи равен  $2,5 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ , момент инерции колеса  $0,5 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . [5 рад/с]

3.45 Платформа в виде диска вращается по инерции без трения около вертикальной оси с частотой  $14 \text{ мин}^{-1}$ . На краю платформы стоит человек. Когда человек перешел в центр платформы, частота возросла до  $25 \text{ мин}^{-1}$ . Масса человека 70 кг. Определите массу платформы. Момент инерции человека рассчитывать, как для материальной точки. [178 кг]

3.46 Горизонтальная платформа массой 150 кг вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через центр платформы с частотой  $8 \text{ мин}^{-1}$ . Человек массой 70 кг стоит при этом на краю платформы. С какой угловой скоростью начнет вращаться платформа, если человек перейдет от края платформы к ее центру? Считать платформу круглым однородным диском, а человека - материальной точкой. [ $1,62 \text{ рад/с}$ ]

3.47 Горизонтальная платформа массой 25 кг и радиусом 0,8 м вращается с частотой  $18 \text{ мин}^{-1}$ . В центре стоит человек и держит в расставленных руках гири. Считая платформу диском, определите частоту вращения платформы, если человек, опустив руки, уменьшит свой момент инерции от  $3,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$  до  $1 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ . [ $23 \text{ мин}^{-1}$ ]

3.48 Человек, стоящий на скамье Жуковского, держит в руках стержень длиной 2,5 м, расположенный вертикально вдоль оси вращения скамейки. Эта система (скамья и человек) обладает моментом инерции  $10 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$  и вращается с частотой  $12 \text{ мин}^{-1}$ . Если стержень повернуть в горизонтальное положение, то частота вращения системы станет  $8,5 \text{ мин}^{-1}$ . Определите массу стержня. [8 кг]

3.49 Человек массой 60 кг, стоящий на краю горизонтальной платформы радиусом 1 м и массой 120 кг, вращающейся по инерции вокруг неподвижной вертикальной оси с частотой  $10 \text{ мин}^{-1}$ , переходит к ее центру. Считая платформу круглым однородным диском, а человека – точечной массой, определите работу, совершаемую человеком при переходе от края платформы к ее центру. [ $65,8 \text{ Дж}$ ]

3.50 На краю неподвижной скамьи Жуковского диаметром 0,8 м и массой 6 кг стоит человек массой 60 кг. С какой угловой скоростью начнет вращаться скамья, если человек поймает летящий на него мяч массой 0,5 кг? Траектория мяча горизонтальна и проходит на расстоянии 0,4 м от оси скамьи. Скорость мяча 5 м/с. [ $0,1 \text{ рад/с}$ ]

3.51 Платформа в виде диска диаметром 3 м и массой 180 кг может вращаться вокруг вертикальной оси. С какой угловой скоростью будет вращаться эта платформа, если по ее краю пойдет человек массой 70 кг со скоростью 1,8 м/с относительно платформы? [ $0,53 \text{ рад/с}$ ]

3.52 В центре вращающегося столика стоит человек, держащий на вытянутых руках на расстоянии 150 см друг от друга две гири. Столик вращается с частотой  $1 \text{ с}^{-1}$ . Человек сближает гири до расстояния 80 см, и частота увеличивается до  $1,5 \text{ с}^{-1}$ . Определите работу, произведенную человеком, если каждая гиря имеет массу 2 кг. Момент инерции человека относительно оси столика считать постоянным. [ $48 \text{ Дж}$ ]

#### 4. Механические колебания

4.1. Уравнение движения точки дано в виде  $x = 0,05 \sin(2\pi t + \pi/3)$  м. Найти период, амплитуду, начальную фазу, циклическую частоту и частоту колебаний. [1 с; 0,1 м;  $\pi/3$ ;  $2\pi$ ; 1 Гц]

- 4.2 Написать уравнение гармонических колебаний точки с амплитудой 0,1 м, если начальная фаза равна  $\pi/2$ , а период колебаний 2 с.
- 4.3 Написать уравнение гармонических колебаний точки с амплитудой 5 см, если за 2 минуты совершается 120 колебаний, а начальная фаза равна  $60^\circ$ .
- 4.4 Уравнение движения точки дано в виде  $x = 0,2\sin(\pi t + \pi/3)$  м. Найти максимальные значения скорости и ускорения.  $[0,2\pi \text{ м/с}; 0,2\pi^2 \text{ м/с}^2]$
- 4.5 Точка совершает гармонические колебания с амплитудой 10 см и периодом 5 с. Определить максимальную скорость и максимальное ускорение.  $[12,6 \text{ см/с}; 15,8 \text{ см/с}^2]$
- 4.6. Определите максимальные значения скорости и ускорения точки, совершающей гармонические колебания с амплитудой 2 см и периодом 2 с.  $[0,0628 \text{ м/с}; 0,197 \text{ м/с}^2]$
- 4.7. Точка совершает гармонические колебания с периодом 8 с и начальной фазой, равной нулю. Определите, за какое время точка сместится от положения равновесия на половину амплитуды.  $[4/3 \text{ с}]$
- 4.8. Точка совершает гармонические колебания с периодом 12 с. Определите, за какое время скорость точки увеличится от нуля до половины максимального значения.  $[1 \text{ с}]$
- 4.9. Точка совершает гармонические колебания с периодом 12 с. Определите, за какое время ускорение точки увеличится от нуля до половины максимального значения.  $[1 \text{ с}]$
- 4.10. Уравнение движения точки дано в виде  $x = A\cos(\pi t/4)$ . Определите моменты времени, при которых достигается максимальная скорость точки.  $[2\text{с}, 6\text{с}, 10\text{с} \dots]$
- 4.11. Уравнение движения точки дано в виде  $x = A\cos(\pi t/2)$ . Определите моменты времени, при которых достигается максимальное ускорение точки.  $[0\text{с}, 2\text{с}, 4\text{с} \dots]$
- 4.12. Материальная точка совершает гармонические колебания согласно уравнению  $x = 0,15\cos(2\pi t)$  м. Определите максимальное значение модуля возвращающей силы и полную энергию точки, если её масса 0,1 кг.  $[0,59 \text{ Н}; 0,047 \text{ Дж}]$
- 4.13. Материальная точка массой 50 г совершает гармонические колебания согласно уравнению  $x = 0,1\cos(3\pi t/2)$  м. Определите возвращающую силу для момента времени 2 с.  $[0,11 \text{ Н}]$
- 4.14. Определите отношение кинетической энергии точки, совершающей гармонические колебания, к её потенциальной энергии для моментов времени: а)  $t=T/12$ ; б)  $t=T/8$ ; в)  $t=T/6$ , где  $T$  – период колебаний. Начальная фаза равна нулю.  $[3; 1; 1/3]$
- 4.15. Определите отношение кинетической энергии точки, совершающей гармонические колебания, к её потенциальной энергии для моментов времени, при которых смещение от положения равновесия составляет: а)  $x=A/4$ ; б)  $x=A/2$ ; в)  $x=A$ , где  $A$  – амплитуда колебаний.  $[15; 3; 0]$

4.16. Как изменится частота колебаний груза, висющего на двух одинаковых пружинах, если от их последовательного соединения перейти к параллельному? [увеличится в 2 раза]

4.17. Груз, подвешенный к пружине, колеблется по вертикали с амплитудой 8 см. Определите жёсткость пружины, если известно, что максимальная кинетическая энергия груза равна 0,8 Дж. [ $k=250$  Н/м]

4.18. Если увеличить массу груза, подвешенного на пружине, на 600 г, то период колебаний возрастёт в 2 раза. Определите массу первоначально подвешенного груза. [200 г]

4.19. Два математических маятника, длины которых отличаются на 16 см, совершают за одно и то же время один 10 колебаний, другой 6 колебаний. Определите длины маятников. [9см; 25см]

4.20. Математический маятник длиной 1 м подвешен к потолку кабины, которая начинает опускаться вертикально вниз с ускорением  $a = g/4$ . Найдите период колебаний этого маятника. [2,32 с]

4.21. На какую высоту надо поднять математический маятник, чтобы период его колебаний увеличился в 2 раза? Радиус Земли 6400 км. [ $6,4 \cdot 10^6$  м]

4.22. Маятник, состоящий из невесомой нити длиной 1 м и свинцового шарика радиусом 0,02 м, совершает гармонические колебания с амплитудой 0,06 м. Определите: а) модуль максимального значения возвращающей силы; б) модуль максимальной скорости. Плотность свинца  $11,3 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. [0,22 Н; 0,18 м/с]

4.23. Тонкий обруч радиусом 0,5 м подвешен на вбитый в стенку гвоздь и совершает гармонические колебания в плоскости, параллельной стене. Определите частоту колебаний обруча. [0,5 Гц]

4.24. Однородный диск радиусом 20 см колеблется около горизонтальной оси, проходящей на расстоянии 15 см от центра диска. Определите период колебаний диска относительно этой оси. [1,07 с]

4.25. Диск радиусом  $R$  подвешен так, что может совершать гармонические колебания относительно образующей диска. Определите период и частоту колебаний диска. [ $2\pi\sqrt{3R/2g}$ ;  $(1/2\pi)\sqrt{2g/3R}$ ]

4.26. Тонкий стержень длиной 60 см совершает колебания относительно оси, отстоящей на расстоянии 15 см от его середины. Определите период колебаний стержня. [1,19 с]

4.27. Определите амплитуду и начальную фазу гармонического колебания, полученного от сложения одинаково направленных колебаний, заданных уравнениями:  $x_1 = 0,02\sin(5\pi t + \pi/2)$  м и  $x_2 = 0,03\sin(5\pi t + \pi/4)$  м. [0,046 м; 62°46']

4.28. Найдите уравнение результирующего колебания, полученного от сложения одинаково направленных колебаний, заданных уравнениями:  $x_1 = 4\sin(\pi t) \text{ м}$ ,  $x_2 = 3\sin(\pi t + \pi/2) \text{ м}$ .  
[  $x = 5\sin(\pi t + \pi/5) \text{ м}$  ]

4.29. Точка участвует в двух колебаниях одинаковой частоты одного направления и с одинаковыми начальными фазами. Амплитуды колебаний соответственно равны 3 см и 4 см. Определите амплитуду результирующего колебания. [7 см]

4.30. Точка участвует одновременно в двух взаимноперпендикулярных колебаниях, которые происходят по законам:  $x = 2\sin\omega t \text{ м}$  и  $y = 2\cos\omega t \text{ м}$ . Найдите траекторию движения точки. [окружность радиусом 2 м]

4.31. Точка участвует в двух колебаниях одинаковой частоты и с одинаковыми начальными фазами, совершаемых во взаимноперпендикулярных направлениях. Амплитуды колебаний соответственно равны 3 см и 4 см. Определите амплитуду результирующего колебания. [5 см]

4.32. Запишите уравнение результирующего колебания точки, полученного от сложения двух взаимно перпендикулярных колебаний одинаковой частоты ( $\nu = 5\Gamma\text{ц}$ ), с одинаковыми начальными фазами, равными  $\pi/3$  и с амплитудами:  $A_1 = 0,10 \text{ м}$  и  $A_2 = 0,05 \text{ м}$ .  
[  $x = 11,2\sin(10\pi t + \pi/3) \text{ см}$  ]

4.33. Уравнение затухающих колебаний точки дано в виде  $x = 5e^{-0,25t} \sin(\pi/2)t \text{ м}$ . Определите скорость точки в моменты времени, равные 0,  $T$ ,  $2T$ . [7,85 м/с; 2,9 м/с; 1,1 м/с]

4.34. Логарифмический декремент затухания математического маятника равен 0,2. Во сколько раз уменьшится амплитуда за одно полное колебание? [в 1,22 раз]

4.35. Начальная амплитуда затухающих колебаний точки равна 3 см. По истечении 10 с от начала колебаний амплитуда стала равной 1 см. Через какое время амплитуда станет равной 0,3 см? [21 с]

4.36. Амплитуда затухающих колебаний маятника за 2 минуты уменьшилась в 2 раза. Определите коэффициент затухания. [ $5,78 \cdot 10^{-3} \text{ 1/с}$ ]

4.37. Амплитуда затухающих колебаний маятника за 1 минуту уменьшилась в 3 раза. Во сколько раз она уменьшится за 4 минуты? [в 81 раз]

## 5. Молекулярно-кинетическая теория идеального газа

5.1. В сосуде объёмом  $V = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  находится газ при нормальных условиях. Определите число молекул газа в сосуде и концентрацию молекул. [ $7,95 \cdot 10^{22}$ ;  $2,65 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ ]



5.2. Газ находится в цилиндре под поршнем при нормальных условиях. Во сколько раз изменится концентрация молекул газа при увеличении объёма газа в 5 раз при прежней температуре? [уменьшится в 5 раз]

5.3. Газ находится в цилиндре под поршнем при нормальных условиях. Во сколько раз изменится концентрация молекул газа при увеличении температуры газа до  $t = 100^{\circ}\text{C}$  при прежнем давлении? [уменьшится в 1,37 раза]

5.4. В баллоне находилось 10 кг газа при давлении  $10^7 \text{ Па}$ . Найти, какое количество газа взяли из баллона, если окончательное давление стало равно  $2,5 \cdot 10^6 \text{ Па}$ . Температуру газа считать постоянной. [7,5 кг]

5.5. 12 г газа занимают объём  $4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  при температуре  $7^{\circ}\text{C}$ . После нагревания газа при постоянном давлении его плотность стала равна  $6 \cdot 10^{-4} \text{ г/см}^3$ . До какой температуры нагрели газ? [1400 К]

5.5. В баллоне объёмом 10 л находится гелий ( $\text{He}$ ) под давлением 1 МПа и при температуре 300 К. После того как из баллона было взято 10 г гелия, температура в баллоне понизилась до 290 К. Определите давление гелия, оставшегося в баллоне. [0,364 МПа]

5.6. В сосуде объёмом  $V = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  находится 0,02 кг азота ( $\text{N}_2$ ) под давлением  $P = 0,9 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . Определите среднюю квадратичную скорость молекул газа; число молекул, находящихся в сосуде; плотность газа. [ $1,6 \cdot 10^2 \text{ м/с}$ ;  $4,3 \cdot 10^{23}$ ;  $10 \text{ кг/м}^3$ ]

5.7. Плотность некоторого газа  $\rho = 5 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ , а средняя квадратичная скорость молекул этого газа равна 600 м/с. Определите давление, которое оказывает газ на стенки сосуда. [600 Па]

5.8. Определите среднюю квадратичную скорость молекул некоторого газа, плотность которого при давлении  $P = 1,1 \cdot 10^5 \text{ Па}$  равна  $\rho = 0,024 \text{ кг/м}^3$ . Какова масса одного моля этого газа, если значение плотности дано при температуре  $27^{\circ}\text{C}$ ? [1172,6 м/с; 0,005 кг/моль]

5.9. 6 г углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ) и 5 г закиси азота ( $\text{NO}_2$ ) заполняют сосуд объёмом  $2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ . Найти общее давление в сосуде при температуре 400 К. [ $4,15 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ]

5.10. Определите молярную массу смеси кислорода ( $\text{O}_2$ ) массой 25 г и азота ( $\text{N}_2$ ) массой 75 г. [ $28,9 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ ]

5.11. Определите плотность смеси газов водорода ( $\text{H}_2$ ) массой 8 г и кислорода ( $\text{O}_2$ ) массой 64 г при температуре 290 К и при давлении 0,1 МПа. Газ считать идеальным. [ $0,498 \text{ кг/м}^3$ ]

5.12. Баллон вместимостью 20 л содержит смесь водорода ( $\text{H}_2$ ) и азота ( $\text{N}_2$ ) при температуре 290 К и давлении 1 МПа. Определите массу водорода, если масса смеси равна 150 г. [6,3 г]

5.13. В закрытом сосуде вместимостью 20 л находятся водород ( $H_2$ ) массой 6 г и гелий ( $He$ ) массой 12 г. Определите давление и молярную массу газовой смеси в сосуде, если температура смеси 300 К. [0,75 МПа;  $3 \cdot 10^{-3}$  кг/моль]

5.14. Смесь кислорода ( $O_2$ ) и азота ( $N_2$ ) при температуре  $27^{\circ}C$  находится под давлением 230 Па. Масса кислорода составляет 75% от общей массы смеси. Определите концентрацию молекул каждого из газов. [ $4 \cdot 10^{22} \text{ м}^{-3}$ ;  $1,5 \cdot 10^{22} \text{ м}^{-3}$ ]

5.15. В сосуде вместимостью 0,3 л при температуре 290 К находится некоторый газ. На сколько понизится давление газа в сосуде, если из-за утечки выйдет  $10^{19}$  молекул? [133 Па]

5.16. Два сосуда одинакового объёма содержат кислород ( $O_2$ ). В одном сосуде давление 2 МПа и температура 800 К, в другом давление 2,5 МПа, а температура 200 К. Сосуды соединили трубкой и охладил находящийся в них кислород до 200 К. Определите установившееся в сосудах давление. [1,5 МПа]

5.17. Определите среднюю кинетическую энергию поступательного движения одной молекулы и температуру газа при давлении 0,5 кПа, если концентрация молекул газа равна  $10^{23} \text{ м}^{-3}$ . [ $7,5 \cdot 10^{-21}$  Дж; 362 К]

5.18. Во сколько раз средняя квадратичная скорость пылинки, взвешенной в воздухе, меньше средней квадратичной скорости молекул воздуха? Масса пылинки  $10^{-8}$  г. Воздух считать однородным газом, молярная масса которого равна 0,029 кг/моль. [в  $1,44 \cdot 10^7$  раз]

5.19. Определите среднюю квадратичную скорость молекулы газа, заключённого в сосуд вместимостью 2 л под давлением 2 кПа. Масса газа 3 г. [4 км/с]

5.20. Определите наиболее вероятную скорость молекул газа, плотность которого при давлении 40 кПа составляет  $0,35 \text{ кг/м}^3$ . [478 м/с]

5.21. Определите наиболее вероятную, среднюю арифметическую и среднюю квадратичную скорости молекул азота ( $N_2$ ) при 300 К. [422 м/с; 476 м/с; 517 м/с]

5.22. При какой температуре средняя квадратичная скорость молекул кислорода ( $O_2$ ) больше их наиболее вероятной скорости на 100 м/с. [381 К]

5.23. Определите среднюю арифметическую скорость молекул газа, если известно, что их средняя квадратичная скорость 1 км/с. [920 м/с]

5.24. Смесь гелия ( $He$ ) и аргона ( $Ar$ ) находится при температуре 1200 К. Определите среднюю квадратичную скорость и среднюю кинетическую энергию поступательного движения атомов гелия и аргона. [гелий: 2730 м/с;  $2,48 \cdot 10^{-20}$  Дж; аргон: 864 м/с;  $2,48 \cdot 10^{-20}$  Дж]

5.25. Используя закон распределения молекул идеального газа по скоростям, найти формулу наиболее вероятной скорости. [ $v_e = \sqrt{2kT/m_0}$ ]

5.26. Используя закон распределения молекул идеального газа по скоростям, найти среднюю арифметическую скорость молекул. [ $\langle v \rangle = \sqrt{8kT/\pi m_0}$ ]

5.27. Используя закон распределения молекул идеального газа по скоростям, найти среднюю квадратичную скорость. [ $\langle v_{кв} \rangle = \sqrt{3kT/m_0}$ ]

5.28. Используя функцию распределения молекул идеального газа по энергиям, найти среднюю кинетическую энергию молекул. [ $3/2 kT$ ]

## 6. Основы равновесной термодинамики

6.1. Считая азот ( $N_2$ ) идеальным газом, определите его удельную теплоёмкость для изохорного и изобарного процессов. [42 Дж/(кг·К); 1,04 Дж/(кг·К)]

6.2. Найдите удельную теплоёмкость углекислого газа ( $CO_2$ ) для изохорного и изобарного процессов. [567 Дж/(кг·К); 755 Дж/(кг·К)]

6.3. Найдите удельную теплоёмкость при постоянном давлении хлористого водорода ( $HCl$ ) и неона ( $Ne$ ).  
[800 Дж/(кг·К); 1025 Дж/(кг·К)]

6.4. Найдите для кислорода ( $O_2$ ) отношение удельной теплоёмкости при постоянном давлении к удельной теплоёмкости при постоянном объеме. [1,4]

6.5. Плотность некоторого двухатомного газа при нормальных условиях равна 1,43 кг/м<sup>3</sup>. Чему равны удельные теплоёмкости при постоянном давлении и при постоянном объеме этого газа?  
[650 Дж/(кг·К); 910 Дж/(кг·К)]

6.6. Определите удельные теплоёмкости при постоянном давлении и при постоянном объеме, если известно, что некоторый газ при нормальных условиях имеет удельный объем 0,7 м<sup>3</sup>/кг. Что это за газ? [649 Дж/(кг·К); 909 Дж/(кг·К)]

6.7. Считая азот идеальным газом, определите его молярную теплоёмкость при постоянном объеме и при постоянном давлении. [20,8 Дж/(моль·К); 29 Дж/(моль·К)]

6.8. Определите молярную массу двухатомного газа, если известно, что разность удельных теплоёмкостей этого газа при постоянном объеме и при постоянном давлении равна 260 Дж/(кг·К). [0,032 кг/моль]

6.9. Найдите удельные теплоёмкости при изобарном и изохорном процессах некоторого газа. Известно, что молярная масса его равна 0,03 кг/моль, а отношение  $c_p/c_v = 1,4$ . [693 Дж/(кг·К); 970 Дж/(кг·К)]

6.10. Для некоторого двухатомного газа удельная теплоёмкость при постоянном давлении равна  $14,7 \cdot 10^3$  Дж/(кг·К). Чему равна масса одного моля этого газа? [0,002 кг/моль]

6.11. Определите удельные теплоёмкости при постоянном объёме и постоянном давлении для смеси углекислого ( $CO_2$ ) газа массой 3 г и азота ( $N_2$ ) массой 4 г. [667 Дж/(кг К); 917 Дж/(кг К)]

6.12. Кислород ( $O_2$ ) массой 1 кг находится при температуре 320 К. Определите внутреннюю энергию молекул газа. Газ считать идеальным. [208 кДж]

6.13. В закрытом сосуде находится смесь азота ( $N_2$ ) массой 56 г и кислорода ( $O_2$ ) массой 64 г. Определите изменение внутренней энергии смеси, если её охладили на  $20^\circ C$ . [1,66 кДж]

6.14. Какая работа совершается при изотермическом расширении водорода ( $H_2$ ) массой 5 г, взятого при 290К, если давление уменьшается в три раза? [6627 Дж]

6.15. Определите количество теплоты, которое надо сообщить кислороду ( $O_2$ ) объёмом 50 л при изохорном нагревании, чтобы давление повысилось на 0,5 МПа. [62,5 кДж]

6.16. Во сколько раз увеличится объём 0,4 моль водорода ( $H_2$ ) при температуре 300 К при изотермическом расширении, если при этом газ получит количество теплоты 800 Дж? [2,23]

6.17. Работа расширения некоторого двухатомного идеального газа составляет 2 кДж. Определите количество подведённой к газу теплоты, если процесс протекал изотермически. [2 кДж]

6.18. Работа расширения некоторого двухатомного идеального газа составляет 2 кДж. Определите количество подведённой к газу теплоты, если процесс протекал изобарно. [7 кДж]

6.19. Два моля двухатомного идеального газа нагревают при постоянном объёме до температуры 289 К. Определите количество теплоты, которое необходимо сообщить газу, чтобы увеличить его давление 3 раза. [34 кДж]

6.20. До какой температуры охладится воздух, находящийся при температуре 273 К, если он расширяется адиабатно, и при этом объём его увеличивается в два раза? [207 К]

6.21. Газ расширяется адиабатно и при этом его объём увеличивается вдвое, а температура падает в 1,32 раза. Найти число степеней свободы этого газа. [ $i=5$ ]

6.22. Азот ( $N_2$ ), находившийся при температуре 400 К, подвергли адиабатному расширению, в результате которого его объём увеличился в 5 раз, а внутренняя энергия уменьшилась на 4 кДж. Определите массу азота. [28 г]

6.23. Азот ( $N_2$ ) массой 14 г сжимают изотермически при температуре 300 К от давления 100 кПа до давления 500 кПа. Определите изменение внутренней энергии, работу сжатия, количество выделившейся теплоты. [0; -2 кДж; -2 кДж]

6.24. При изобарном нагревании некоторого идеального газа (2 моль) на 90 К ему было сообщено 5,25 кДж теплоты. Определите работу, совершаемую газом, изменение внутренней энергии газа; величину  $\gamma = c_p/c_v$ . [0,6 кДж; 1,5 кДж; 1,4]

6.25. При изотермическом расширении 2 г азота ( $N_2$ ) при температуре 280К объём увеличился в два раза. Определите совершённую газом работу, изменение внутренней энергии и количество теплоты, полученное газом. [115,2 Дж; 0; 115,2 Дж]

6.26. Азот ( $N_2$ ) массой 0,1 кг изобарно нагрет от температуры 200К до температуры 400К. Определите работу, совершённую газом, полученную им теплоту и изменение внутренней энергии. [5,9 кДж; 20,7 кДж; 14,8 кДж]

6.27. Какая доля количества теплоты, подводимого к идеальному двухатомному газу при изобарном процессе, расходуется на увеличение внутренней энергии и какая доля – на работу расширения? [0,71; 0,29]

6.28. Водород ( $H_2$ ) массой 6,5 г при температуре 300 К и постоянном давлении расширяется вдвое за счет притока тепла извне. Определите работу расширения, изменение внутренней энергии газа и количество теплоты, полученное газом. [8,1 кДж; 20,2 кДж; 28,3 кДж]

6.29. 2 кмоль углекислого газа ( $CO_2$ )нагреваются при постоянном давлении на 50 К. Найдите изменение его внутренней энергии, работу расширения и количество теплоты, полученное газом.[2500 кДж; 830 кДж; 3330 кДж]

6.30. Определите показатель адиабаты для смеси газов, содержащей гелий ( $He$ ) массой 8 г и водород массой ( $H_2$ ) 2 г. [1,55]

6.31. При адиабатном расширении двух моль кислорода ( $O_2$ ), находящегося при нормальных условиях, объём увеличился в 3 раза. Определите изменение внутренней энергии газа и работу расширения газа. [-4,03 кДж; 4,03 кДж]

6.32. Газ совершает цикл Карно. При этом он получает от нагревателя 41,9 кДж теплоты. Температура нагревателя в три раза выше температуры холодильника. Какую работу совершил газ? [28 кДж]

6.33. Газ, совершающий цикл Карно, отдал холодильнику 67% теплоты, полученной от нагревателя. Определите температуру холодильника, если температура нагревателя 430 К. [288 К]

6.34. Во сколько раз увеличится КПД цикла Карно при повышении температуры нагревателя от 380 К до 560 К? Температура холодильника 280 К. [1,9]

6.35. Газ, совершающий цикл Карно, отдал холодильнику 14 кДж теплоты. Определите температуру нагревателя, если при температуре холодильника 280 К работа цикла равна 6 кДж.[400 К]

6.36. Идеальный газ, совершающий цикл Карно, 70% количества теплоты, полученного от нагревателя, отдает холодильнику. Количество теплоты, получаемое от нагревателя, равно 5 кДж. Определите КПД цикла и работу, совершенную при полном цикле. [30%, 1.5 кДж]

6.37. Идеальный газ совершает цикл Карно. Газ получил от нагревателя количество теплоты 5,5 кДж и совершил работу 1,1 кДж. Определите КПД цикла и отношение температур нагревателя и холодильника. [20%; 1,25]

6.38. Три моля идеального двухатомного газа, занимающего объём 5 л и находящегося под давлением 1 МПа, подвергли изохорному нагреванию до 500 К. После этого газ изотермически расширился до начального давления, а затем он в результате изобарного сжатия возвращён в первоначальное состояние. Определите коэффициент полезного действия цикла. [13,3%]

6.39. Рабочее тело – идеальный газ – теплового двигателя совершает цикл, состоящий из последовательных процессов: изобарного, адиабатного и изотермического. В результате изобарного процесса газ нагревается от 300 К до 600 К. Определите коэффициент полезного действия теплового двигателя. [30,7%]

6.40. Найдите коэффициент полезного действия цикла, состоящего из двух изохор и двух адиабат. Рабочим веществом является азот. Известно, что в пределах цикла объём газа изменяется в 10 раз, т.е.  $V_{\max}/V_{\min} = 10$ . [60%]

6.41. При нагревании 2 моль двухатомного идеального газа его температура увеличилась в 2 раза. Определите изменение энтропии при изохорном процессе. [28,8 Дж/К]

6.42. При нагревании 2 моль двухатомного идеального газа его температура увеличилась в 2 раза. Определите изменение энтропии при изобарном процессе. [40,3 Дж/К]

6.43. Найдите изменение энтропии при изобарном расширении 8 г гелия ( $He$ ) от объёма 10 л до объёма 25 л. [38,1 Дж/К]

6.44. Найдите изменение энтропии при изотермическом расширении 6 г водорода ( $H_2$ ) от  $10^5$  до  $0,5 \cdot 10^5$  Па. [17,3 Дж/К]

6.45. Найдите изменение энтропии при изотермическом расширении 10,5 г азота ( $N_2$ ) от 2 л до 5 л. [2,9 Дж/К]

6.46. Найдите изменение энтропии при плавлении 1 кг льда, находящегося при  $0^\circ C$ . [1230 Дж/К]

6.47. Найдите изменение энтропии при изобарном расширении 6,6 г водорода ( $H_2$ ) до удвоения объёма. [15,8 Дж/К]

6.48. Азот массой ( $N_2$ ) 28 г адиабатно расширили в 2 раза, а затем изобарно сжали до начального объёма. Определите изменение энтропии газа в ходе указанных процессов. [-20,2 Дж/К]

6.49. Найдите приращение энтропии при расширении 0,2 г водорода ( $H_2$ ) от объёма 1,5 л до объёма 4,5 л при постоянном давлении и при постоянной температуре. [3,1 Дж/К; 0,91 Дж/К]

6.50. В одном сосуде, объём которого 1,6 л, находится 14 мг азота ( $N_2$ ). В другом сосуде, объём которого 3,4 л, находится 16 мг кислорода ( $O_2$ ). Температуры газов равны. Сосуды соединяют, и газы перемешиваются. Найти приращение энтропии при этом процессе. [6,3 мДж/К]

## 7. Основы неравновесной термодинамики. Явления переноса

7.1. Определите среднюю длину свободного пробега молекул кислорода, находящегося при температуре  $0^\circ\text{C}$ , если среднее число столкновений, испытываемых молекулой в 1с, равно  $3,7 \cdot 10^9$ . [115 нм]

7.2. Вычислите среднюю длину свободного пробега и время между двумя столкновениями молекул кислорода при давлении  $1,5 \cdot 10^{-6}$  мм рт. ст. и температуре  $17^\circ\text{C}$ . [50м; 0,11с]

7.3. Найдите среднюю длину свободного пробега атомов гелия в условиях, когда плотность гелия равна  $2,1 \cdot 10^{-2}$  кг/м<sup>3</sup>. [1,8 мкм]

7.4. Чему равна средняя длина свободного пробега молекул водорода при давлении  $10^{-3}$  мм рт.ст. и температуре  $50^\circ\text{C}$ ? [0,142м]

7.5. При каком давлении средняя длина свободного пробега молекул водорода равна 2,5 см, если температура газа равна  $67^\circ\text{C}$ ? Диаметр молекулы водорода примите равным 0,28 нм. [0,539 Па]

7.6. Найдите среднюю длину свободного пробега молекул воздуха при нормальных условиях. Диаметр молекул воздуха примите равным  $3 \cdot 10^{-8}$  см. [9,43  $10^{-8}$  м]

7.7. Найдите среднее число столкновений в 1с молекул азота при температуре  $27^\circ\text{C}$  и давлении 400 мм рт.ст. [2,45  $10\text{c}^{-1}$ ]

7.8. Определите среднюю продолжительность свободного пробега молекул водорода при температуре  $27^\circ\text{C}$  и давлении 0,5 кПа. Диаметр молекулы водорода примите равным 0,28 нм. [13,3 нс.]

7.9. Сколько столкновений между молекулами происходит за 1с в 1 см<sup>3</sup> водорода, если плотность водорода  $8,5 \cdot 10^{-2}$  кг/м<sup>3</sup> и температура  $0^\circ\text{C}$ ? [ $1,3 \cdot 10^{29}\text{c}^{-1}$ ]

7.10. В баллоне, объём которого 2,53 л, содержится углекислый газ. Температура газа  $127^\circ\text{C}$ , давление  $1,3 \cdot 10^4$  Па. Найдите число молекул в баллоне и число столкновений между молекулами за 1с. Диаметр молекулы углекислого газа примите равным 0,4 нм. [ $6,0 \cdot 10^{21}$ ;  $2,2 \cdot 10^{30}\text{c}^{-1}$ ]

7.11. Средняя длина свободного пробега молекул водорода при нормальных условиях составляет 0,1 мкм. Определите среднюю длину их свободного пробега при давлении 0,1 мПа, если температура газа остается постоянной. [100 м]

7.12. Определите плотность воздуха в сосуде, концентрацию его молекул, среднюю длину свободного пробега молекул, если сосуд откачен до давления 0,13 Па. Диаметр молекул воздуха примите равным 0,27 нм. Температура воздуха 27°C. [ $1,51 \cdot 10^{-6}$  кг/м<sup>3</sup>;  $3,14 \cdot 10^{19}$  м<sup>-3</sup>; 0,1 м]

7.13. Определите коэффициент диффузии кислорода при нормальных условиях. Эффективный диаметр молекул кислорода примите равным 0,36 нм. [ $9,18 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с]

7.14. Определите массу азота, прошедшего вследствие диффузии через площадку 50 см<sup>2</sup> за 20 с, если градиент плотности в направлении, перпендикулярном площадке, равен 1 кг/м<sup>4</sup>. Температура азота 290 К, а средняя длина свободного пробега его молекул равна 1 мкм. [15,6 мг]

7.15. Оцените среднюю длину свободного пробега и коэффициент диффузии ионов в водородной плазме. Температура плазмы 10<sup>7</sup> К, число ионов в 1 см<sup>3</sup> плазмы равно 10<sup>15</sup>. При указанной температуре эффективное сечение иона водорода считать равным  $4 \cdot 10^{-20}$  см<sup>2</sup>. [ $\sim 10^2$  м;  $\sim 10^7$  м<sup>2</sup>/с]

7.16. Найдите коэффициент диффузии водорода при нормальных условиях, если средняя длина свободного пробега молекул при этих условиях равна  $1,6 \cdot 10^{-7}$  м. [ $0,91 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>/с]

7.17. Найдите коэффициент диффузии гелия при нормальных условиях. [ $8,5 \cdot 10^{-5}$  м<sup>2</sup>/с]

7.18. Определите, во сколько раз отличаются коэффициенты динамической вязкости углекислого газа и азота, если оба газа находятся при одинаковой температуре и одном и том же давлении. Эффективные диаметры молекул этих газов равны. [1,25]

7.19. Азот находится под давлением 100 кПа при температуре 290 К. Определите коэффициенты диффузии и внутреннего трения. Эффективный диаметр молекул азота принять равным 0,38 нм. [ $9,74 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с;  $1,13 \cdot 10^{-5}$  кг/(м·с)]

7.20. При каком давлении отношение коэффициента внутреннего трения некоторого газа к коэффициенту его диффузии равно 0,3 г/л, а средняя квадратичная скорость его молекул равна 632 м/с? [40 кПа]

7.21. Найдите среднюю длину свободного пробега молекул гелия при температуре 273 К и давлении 10<sup>5</sup> Па, если при этих условиях коэффициент внутреннего трения для него равен  $1,3 \cdot 10^4$  г/(см·с). [ $1,84 \cdot 10^{-7}$  м]

7.22. Коэффициенты диффузии и внутреннего трения при некоторых условиях равны соответственно 1,42 см<sup>2</sup>/с и  $8,5 \cdot 10^{-8}$  Нс/м<sup>2</sup>. Найти число молекул водорода в 1 м<sup>3</sup> при этих условиях. [ $1,8 \cdot 10^{25}$  м<sup>-3</sup>]

7.23. Самолет летит со скоростью 360 км/ч. Считая, что слой воздуха у крыла самолета, увлекаемый вследствие вязкости, равен 4 см, найти касательную силу, действующую на каждый квадратный метр поверхности крыла. Диаметр молекулы воздуха принять равным  $3 \cdot 10^{-8}$  см. Температура воздуха 0°C. [0,045 Н]



7.24. Определите коэффициент теплопроводности азота, находящегося в некотором объеме при температуре  $7^{\circ}\text{C}$ . Эффективный диаметр молекул примите равным  $0,38\text{ нм}$ . [ $8,25\text{ мВт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ]

7.25. Кислород находится при нормальных условиях. Определите коэффициент теплопроводности кислорода, если эффективный диаметр его молекул равен  $0,36\text{ нм}$ . [ $8,49\text{ мВт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ]

7.26. Коэффициент теплопроводности кислорода при температуре  $100^{\circ}\text{C}$  равен  $3,25\cdot 10^{-2}\text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ . Вычислите коэффициент вязкости при этой температуре. [ $5,0\cdot 10^{-5}\text{ кг}/(\text{м}\cdot\text{с})$ ]

7.27. Пространство между двумя параллельными пластинами площадью  $150\text{ см}^2$  каждая, находящимися на расстоянии  $5\text{ мм}$  друг от друга, заполнено кислородом. Одна пластина поддерживается при температуре  $17^{\circ}\text{C}$ , другая – при температуре  $27^{\circ}\text{C}$ . Определите количество теплоты, прошедшее за  $5\text{ мин}$  посредством теплопроводности от одной пластины к другой. Кислород находится при нормальных условиях. Эффективный диаметр молекул кислорода считать равным  $0,36\text{ нм}$ . [ $76,4\text{ Дж}$ ]

7.28. В сосуде объемом  $2\text{ л}$  находится  $4\cdot 10^{22}$  молекул двухатомного газа. Коэффициент теплопроводности газа равен  $0,014\text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ . Найти коэффициент диффузии газа при этих условиях. [ $2\cdot 10^{-5}\text{ м}^2/\text{с}$ ]

1. Угол  $\varphi$  между максимумами 1-го и 2-го порядков составляет  $\varphi = 8^{\circ}$ . Найти длину волны монохроматического света, падающего нормально на дифракционную решетку, если ее период  $d = 3,11\text{ мкм}$ .
2. На дифракционную решетку с  $N = 500$  штрих/мм падает белый свет. За решеткой, в непосредственной близости к ней, установлена собирающая линза с фокусным расстоянием  $f = 2\text{ м}$ . В фокальной плоскости линзы установлен экран. Определить длину спектра 1-го порядка, если границы видимого спектра  $\lambda_1 = 404,66\text{ нм}$  и  $\lambda_2 = 656,26\text{ нм}$ .
3. Определить максимальный порядок спектра, который дает плоская дифракционная решетка с  $N = 500$  штрих/мм. На решетку нормально падет монохроматический свет длиной волны  $\lambda = 546\text{ нм}$ .
4. На дифракционную решетку нормально падает свет. Угол дифракции для линии спектра  $C$  ( $\lambda = 656\text{ нм}$ ) во 2-м порядке  $\varphi = 30^{\circ}$ . Найти угол дифракции для линии спектра  $B$  ( $\lambda = 546\text{ нм}$ ) в 4-м порядке.
5. Определить число штрихов на  $1\text{ мм}$  в дифракционной решетке, если при наблюдении в монохроматическом свете с  $\lambda = 565\text{ нм}$  максимум 3-го порядка отклонен на угол  $\varphi = 10^{\circ}$ .
6. На дифракционную решетку с  $N = 400$  штрих/мм падает нормально монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 656\text{ нм}$ . Найти общее число дифракционных максимумов, которое дает эта решетка, и определить угол отклонения для последнего максимума.

7. Определить разрешающую способность дифракционной решетки длиной  $L = 125$  мм с периодом  $d = 1,25$  мкм и область дисперсии при освещении ее нормально падающим светом с  $\lambda = 546$  нм.
8. На тонкую пленку падает параллельный пучок белого света. Угол падения  $\alpha = 52^\circ$ . Найти толщину пленки ( $n = 1,33$ ), при которой зеркально отраженный свет будет окрашен в желтый цвет ( $\lambda = 600$  нм).
9. Найти радиусы центрального и пятого темного колец Ньютона, если между плосковыпуклой линзой, радиус кривизны поверхности которой  $R = 500$  мм, и плоскопараллельной пластиной налит бензол. Показатели преломления пластины и линзы одинаковы. Наблюдения выполняются в отраженном свете с  $\lambda = 589,3$  нм. Показатель преломления бензола  $n = 1,5012$ .
10. Найти расстояние между пятым и вторым темными кольцами Ньютона, наблюдаемыми в отраженном свете, если радиус плосковыпуклой линзы, наложенной на плоскопараллельную пластину, равен  $R = 1$  м. В качестве источника излучения используется натриевая лампа с  $\lambda = 589,3$  нм.
11. Кольца Ньютона наблюдаются при наложении плосковыпуклой линзы с радиусом кривизны  $R_1 = 1$  м на вогнутую сферическую поверхность с радиусом кривизны  $R_2 = 1,5$  м. Определить радиус пятого темного кольца в отраженном свете, если наблюдения ведутся при  $\lambda = 589,3$  нм.
12. Плосковыпуклая деревянная линза с радиусом кривизны сферической поверхности  $R = 250$  мм наложена на стеклянную пластину. Диаметры десятого и пятнадцатого темных колец Ньютона в отраженном свете равны соответственно  $r_{10} = 2$  мм,  $r_{15} = 2,5$  мм. Определить длину волны света.
13. Радиусы двух светлых колец Ньютона в отраженном свете соответственно равны  $r_1 = 2$  мм,  $r_2 = 4,2$  мм. Порядковые номера колец не определялись, однако известно, что между этими кольцами расположено еще три светлых кольца. Найти радиус кривизны плосковыпуклой линзы, используемой в установке, если измерения выполнялись в свете с  $\lambda = 587,6$  нм.
14. Определить фокусное расстояние плосковыпуклой линзы в установке для наблюдения колец Ньютона, если радиус пятого светлого кольца равен  $r = 2,6$  мм. Линза выполнена из стекла с показателем преломления  $n = 1,4$ . Наблюдения выполняются в отраженном свете ( $\lambda = 589,3$  нм).
15. Две плосковыпуклые тонкие линзы соприкасаются своими сферическими поверхностями. Найти оптическую силу такой системы, если при наблюдении в отраженном свете диаметр десятого темного кольца равен  $2,6$  мм. Наблюдения выполняются с натриевой лампой ( $\lambda = 589,3$  нм).

16. Определить фокусное расстояние плосковыпуклой линзы, примененной для получения колец Ньютона, если радиус третьего темного кольца в отраженном свете  $r_{3m} = 1,5$  мм. Наблюдения осуществлялись в свете с длиной волны  $\lambda = 546,1$  нм. Линза выполнена из стекла марки ТФ1 ( $n_e = 1,6522$ ).
17. Найти толщину пленки, которую необходимо нанести на поверхность стекла марки ТФ1, чтобы отражающая способность стекла в направлении нормали равнялась нулю (для  $\lambda = 546,1$  нм).
18. Составить уравнение плоской волны, распространяющейся в воздухе, частицы которой колеблются с частотой  $\nu = 2$  кГц и амплитудой  $A = 1.7$  мкм. Скорость распространения звука в воздухе  $v = 340$  м/с.
19. Составить уравнение плоской волны, распространяющейся в среде, точки которой колеблются с частотой  $\nu = 1.5$  кГц. Длина волны, соответствующая данной частоте равна  $\lambda = 15$  см. Максимальные смещения точек среды соположения равновесия в  $n = 200$  раз меньше длины волны.
20. В однородной упругой среде распространяется плоская волна вида  $y = A \cos(\omega t - kx)$ . Изобразить для момента  $t = 0$  графики зависимостей от  $x$  величин  $y$  и  $v_y$ .
21. Уравнение бегущей плоской звуковой волны имеет вид  $y = 60 \cos(1800t - 5.3x)$ , где  $y$  — смещение, мкм;  $t$  — время, с;  $x$  — расстояние, м. Найти отношение амплитуды смещения частиц среды к длине волны.
22. Скорость звука в воде  $v = 1450$  м/с. На каком расстоянии находятся ближайшие точки, совершающие колебания в противоположных фазах, если частота колебаний  $\nu = 725$  Гц?
23. Волна распространяется со скоростью  $v = 360$  м/с при частоте  $\nu = 450$  Гц. Чему равна разность фаз двух точек волны, отстоящих друг от друга на расстоянии  $\Delta x = 20$  см?

### 5.2.3. Примеры контрольных работ

#### Раздел 1. Физические основы механики. Термодинамика и молекулярная физика

##### Контрольная работа №1

##### Вариант I

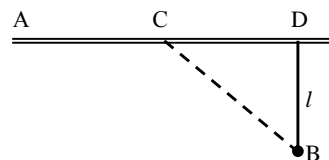
1. Сформулируйте и запишите первый закон Ньютона.
2. Сформулируйте и запишите основное уравнение вращательного движения твёрдого тела вокруг неподвижной оси.
3. Получите выражение момента инерции тонкого однородного стержня массой  $m$  и длиной  $L$  относительно оси, проходящей через его конец перпендикулярно самому стержню.

- Шарик падает с нулевой начальной скоростью на гладкую наклонную плоскость, составляющую угол  $\alpha$  с горизонтом. Пролетев расстояние  $h$ , он упруго отразился от плоскости. На каком расстоянии от места падения шарик отразится второй раз?
- Небольшое тело пустили вверх по наклонной плоскости, составляющей угол  $\alpha = 15^\circ$  с горизонтом. Найти коэффициент трения, если время подъема тела оказалось в  $\eta = 2,0$  раза меньше времени спуска.
- Однородный диск радиуса  $R$  раскрутили до угловой скорости  $\omega$  и осторожно положили на горизонтальную поверхность. Сколько времени диск будет вращаться на поверхности, если коэффициент трения равен  $k$ ?

### Контрольная работа №1

#### Вариант II

- Сформулируйте теорему о кинетической энергии, запишите уравнение и физический смысл величин входящих в данное уравнение
- Запишите определение момента силы.
- Получите выражение момента инерции тонкого однородного стержня массой  $m$  и длиной  $L$  относительно оси, проходящей через его центр перпендикулярно самому стержню.
- Из пункта  $A$ , находящегося на шоссе (см. рисунок), необходимо за кратчайшее время попасть на машине в пункт  $B$ , расположенный в поле на расстоянии  $l$  от шоссе. На каком расстоянии от точки  $D$  следует свернуть с шоссе, если скорость машины по полю в  $\eta$  раз меньше ее скорости по шоссе?
- Автомашина движется с постоянным тангенциальным ускорением  $a_\tau = 0,62 \text{ м/с}^2$  по горизонтальной поверхности, описывая дугу радиуса  $R = 40 \text{ м}$ . Коэффициент трения между колесами машины и поверхностью  $k = 0,20$ . Какой путь пройдет машина без скольжения, если в начальный момент ее скорость равна нулю?
- Однородный сплошной цилиндр радиуса  $R$  раскрутили вокруг его оси до угловой скорости  $\omega_0$  и затем поместили в угол (см. рисунок). Коэффициент трения между цилиндром и стенками равен  $k$ . Сколько времени цилиндр будет вращаться в этом положении?



### Контрольная работа № 2

## 1 вариант

1. Сформулируйте и запишите уравнение Роберта Майера.
2. Сформулируйте и запишите II начало термодинамики.
3. Сформулируйте и запишите уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
4. В сосуде находится смесь  $m_1 = 7,0$  г азота и  $m_2 = 11$  г углекислого газа при температуре  $T = 290$  К и давлении  $p_0 = 1,0$  атм. Найти плотность этой смеси, считая газы идеальными.
5. Один моль кислорода, находившегося при температуре  $T_0 = 290$  К, адиабатически сжали так, что его давление возросло в  $\eta = 10,0$  раз. Найти:
  - а) температуру газа после сжатия;
  - б) работу, которая была совершена над газом.
6. Водород совершает цикл Карно. Найти КПД цикла, если при адиабатическом расширении объем газа увеличивается в  $n = 2,0$  раза.

## Контрольная работа № 2

### 2 вариант

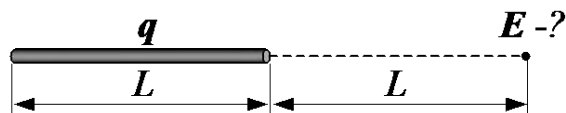
1. Сформулируйте и запишите уравнение состояния идеального газа.
2. Запишите уравнение Пуассона.
3. Сформулируйте и запишите теорему Карно.
4. Определить наименьшее возможное давление идеального газа в процессе, происходящем по закону  $T = T_0 + \alpha V^2$ , где  $T_0$  и  $\alpha$  — положительные постоянные,  $V$  — объем моля газа. Изобразить примерный график этого процесса в параметрах  $p$ ,  $V$ .
5. Два моля идеального газа при температуре  $T_0 = 300$  К охладил изохорически, вследствие чего его давление уменьшилось в  $n = 2,0$  раза. Затем газ изобарически расширили так, что в конечном состоянии его температура стала равной первоначальной. Найти количество тепла, поглощенного газом в данном процессе.
6. Идеальный газ совершает цикл, состоящий из изохоры, адиабаты и изотермы, причем изотермический процесс происходит при *минимальной* температуре цикла. Найти КПД цикла, если температура  $T$  в его пределах изменяется в  $n$  раз.

## Раздел 2. Электричество и магнетизм

### Контрольная работа №1

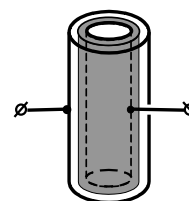
#### Вариант I.

1. Тонкий стержень длиной  $L$  несёт на себе заряд  $q$ , равномерно распределённый по его длине. Найти напряжённость  $E$  электрического поля в точке, лежащей на оси стержня и удалённой на расстоянии  $L$  от его правого конца (см. рис.).

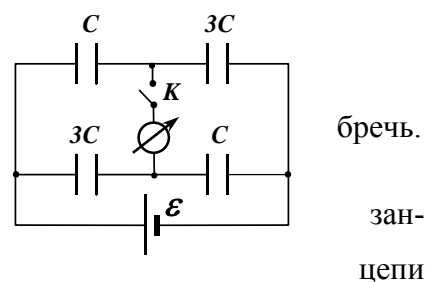


2. Шар радиусом  $R = 10$  см заряжен с объемной плотностью  $\rho$ , зависящей от расстояния  $r$  от центра шара по закону:  $\rho = \rho_0 \cdot R/r$ , где  $\rho_0 = 1$  мкКл/м<sup>3</sup>. Найдите разность потенциалов  $\Delta\phi$  между центром шара и точкой на его поверхности, а также напряженность поля вблизи поверхности шара.

3. Конденсатор состоит из двух коаксиальных цилиндров длиной  $L = 10$  см и радиусами  $R_1 = 1$  см и  $R_2 = 2$  см, соответственно, и диэлектрической цилиндрической вставки такой же длины из эбонита, вплотную

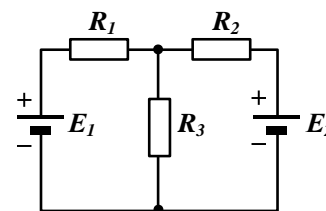


примыкающей к внутреннему цилиндру, с толщиной  $h = 0,5$  см и диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 3$ . Найти емкость конденсатора. Краевыми эффектами прене-



4. Какой заряд протечёт через гальванометр в цепи, показанной на рисунке, если замкнуть ключ  $K$ ? Параметры элементов заданы.

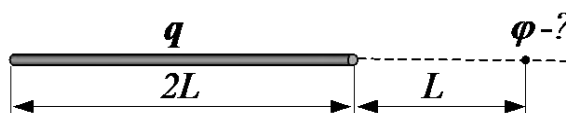
5. Два источника тока с ЭДС  $E_1 = 4$  В и  $E_2 = 3$  В и пренебрежимо малыми внутренними сопротивлениями вместе с тремя резисторами, имеющими сопротивления  $R_1 = 2$  Ом,  $R_2 = 1$  Ом и  $R_3 = 6$  Ом, образуют замкнутую цепь, как показано на рисунке. Определить силу тока  $I_2$  через резистор  $R_2$  и тепловую мощность  $P_2$ , выделяющуюся на нём.



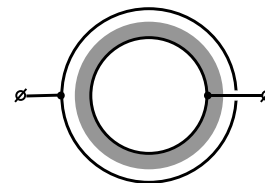
### Контрольная работа №1

#### Вариант II.

1. Тонкий стержень длиной  $2L$  несёт на себе заряд  $q$ , равномерно распределённый по его длине. Найти потенциал  $\phi$  электрического поля в точке, лежащей на оси стержня и удалённой на расстоянии  $L$  от его правого конца (см. рис.). Потенциал бесконечно удалённой точки принять равным нулю.

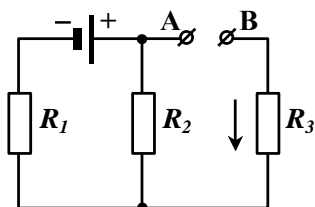
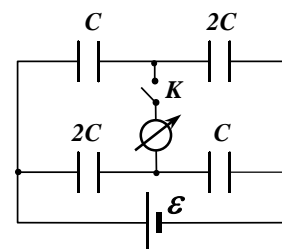


2. Плоская пластина толщиной  $2d = 4 \text{ см}$  заряжена с объемной плотностью  $\rho$ , зависящей от расстояния  $x$  от срединной плоскости по закону:  $\rho = \rho_0(1 - x/d)$ , где  $\rho_0 = 10 \text{ мкКл/м}^3$ . Определите разность потенциалов  $\Delta\varphi$  между точкой, лежащей в срединной плоскости пластины и точкой на её поверхности, а также напряженность поля  $E$  вблизи поверхности пластины.



3. Две концентрические металлические сферы радиусами  $R_1 = 2 \text{ см}$  и  $R_2 = 3 \text{ см}$  образуют сферический конденсатор. Внешняя сфера покрыта слоем парафина толщиной  $h = 0,5 \text{ см}$  с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon = 2$ . Найти емкость такого конденсатора.

4. Какой заряд протечёт через гальванометр в цепи, показанной на рисунке, если замкнуть ключ К? Параметры элементов цепи заданы.



5. Резисторы сопротивлениями  $R_1 = 5 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 1 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 3 \text{ Ом}$  и источник тока с ЭДС  $E_1 = 1,4 \text{ В}$  соединены, как показано на рисунке. Определить ЭДС  $E_2$  источника тока, который нужно подключить к клеммам А и В, чтобы в резисторе  $R_3$  шел ток в указанном направлении и на нём выделялась тепловая мощность  $P_3 = 3 \text{ Вт}$ . Внутренними сопротивлениями источников пренебречь.

### Раздел 3. Волновые процессы. Оптика. Квантовая физика.

#### Контрольная работа № 1

##### Вариант I

1. Найти разность фаз колебаний в двух точках, находящихся на перпендикуляре к фронту волны на расстоянии  $l = 20 \text{ см}$  друг от друга, если частота колебаний источника равна  $\nu = 510 \text{ Гц}$ , а скорость звуковой волны в воздухе  $v = 340 \text{ м/с}$ .

2. Плоская электромагнитная волна  $\mathbf{E} = \mathbf{E}_m \cos(\omega t - \mathbf{k}\mathbf{r})$  распространяется в вакууме. Считая векторы  $\mathbf{E}_m$  и  $\mathbf{k}$  известными, найти вектор  $\mathbf{H}$  как функцию времени  $t$  в точке с радиусом-вектором  $\mathbf{r} = 0$ .

3. На каком расстоянии от собирающей линзы следует поместить предмет, чтобы получить прямое изображение, увеличенное в  $k = 3$  раза. Оптическая сила линзы  $D = +10$  дптр.
4. На тонкую пленку падает параллельный пучок белого света. Угол падения  $\alpha = 52^\circ$ . Найти толщину пленки ( $n = 1,33$ ), при которой зеркально отраженный свет будет окрашен в желтый цвет ( $\lambda = 600$  нм).
5. Угол  $\varphi$  между максимумами 1-го и 2-го порядков составляет  $\varphi = 8^\circ$ . Найти длину волны монохроматического света, падающего нормально на дифракционную решетку, если ее период  $d = 3,11$  мкм.

### Контрольная работа № 1

#### Вариант II

1. Найти скорость звуковой волны если разность фаз колебаний в двух точках, находящихся на перпендикуляре к фронту волны на расстоянии  $l=20$  см друг от друга составляет  $0,6\pi$ , а частота колебаний источника равна  $\nu=510$  Гц.
2. В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна  $\mathbf{E} = \mathbf{e}_y E_m \cos(\omega t - kx)$ , где  $\mathbf{e}_y$  – орт оси  $Y$ ,  $E_m = 160$  В/м,  $k = 0,51$  м<sup>-1</sup>. Найти вектор  $\mathbf{H}$  в точке с координатой  $x = 7,7$  м в момент  $t = 33$  нс.
3. Расстояние между предметом и его прямым изображением, даваемым тонкой линзой в три раза больше расстояния между линзой и предметом и равно  $l = 1$  м. Найти оптическую силу линзы.
4. Найти радиусы центрального и пятого темного колец Ньютона, если между плосковыпуклой линзой, радиус кривизны поверхности которой  $R = 500$  мм, и плоскопараллельной пластиной налит бензол. Показатели преломления пластины и линзы одинаковы. Наблюдения выполняются в отраженном свете с  $\lambda = 589,3$  нм. Показатель преломления бензола  $n = 1,5012$ .
5. На дифракционную решетку с  $N = 500$  штрих/мм падает белый свет. За решеткой, в непосредственной близости к ней, установлена собирающая линза с фокусным расстоянием  $f = 2$  м. В фокальной плоскости линзы установлен экран. Определить длину спектра 1-го порядка, если границы видимого спектра  $\lambda_1 = 404,66$  нм и  $\lambda_2 = 656,26$  нм.



## Контрольная работа № 2

### Вариант I

1. Температура вольфрамовой нити накала в 25-ваттной электрической лампочке равна  $2450^{\circ}\text{K}$ , а ее излучение составляет 30% излучения абсолютно черного тела при той же температуре и поверхности. Найти площадь поверхности нити накала.

2. Какова длина волны де Бройля электронов, выбрасываемых при фотоэффекте с поверхности цинковой пластинки, освещаемой светом ртутной лампы, содержащей линию длиной волны 365 нм. Работа выхода электрона для цинка равна 3,32 эВ.

3. Под некоторым к первоначальному пучку рентгеновских лучей с длиной волны  $\lambda=10$  пм комптоновское смещение оказалось равным  $\Delta\lambda=2.4$  пм. Какая энергия передана при этом электронам отдачи? Под каким углом  $\varphi$  рассеиваются фотоны?

4. Оценить время перехода электрона между орбитами в головной линии серии Бальмера для водородоподобного иона лития.

5. Электрон с кинетической энергией  $T=20$  эВ находится в металлической пылинке диаметром  $d=0.5$  мкм. Оценить относительную неточность, с которой может быть определена скорость электрона.

## Контрольная работа № 2

### Вариант II

1. Абсолютно черное тело остыло до температуры  $977^{\circ}\text{C}$ , в результате чего длина волны, на которую приходится максимум функции распределения энергии в спектре, изменила свою величину на 1.16 мк. Определить начальную температуру тела.

2. Определить длину волны де Бройля электрона, вылетевшего из цезия при освещении светом с длиной волны 0.40 мкм. Работа выхода электрона для цезия 1.89 эВ.

3. Под некоторым к первоначальному пучку рентгеновских лучей с длиной волны  $\lambda=10$  пм комптоновское смещение оказалось равным  $\Delta\lambda=2.4$  пм. Какая энергия передана при этом электронам отдачи? Определить угол  $\alpha$  между направлением движения электрона и траекторией неотклонившихся фотонов.

4. Оценить время перехода электрона между орбитами в головной линии серии Лаймана для водородоподобного иона бора.

5. Протон с кинетической энергией  $T=10$  эВ находится в металлической пылинке диаметром  $d=1.5$  мкм. Оценить относительную неточность, с которой может быть определена скорость протона.

#### 5.2.4 Вопросы для устного опроса

##### Раздел 1. Физические основы механики. Термодинамика.

1. Материальная точка и абсолютно твёрдое тело. Система отсчёта. Радиус-вектор. Закон движения. Траектория. Путь и перемещение. Скорость. Ускорение. Годограф скорости.
2. Равномерное движение. Равноускоренное движение. Движение точки по окружности. Угловая скорость и угловое ускорение. Нормальное и тангенциальное ускорения. Полное ускорение.
3. Первый закон Ньютона. (Закон инерции Галилея). Аддитивность и закон сохранения массы.
4. Сила.. Второй закон Ньютона как уравнение движения. Роль начальных условий. Третий закон Ньютона.
5. Закон сохранения импульса для системы материальных точек.
6. Центр масс. Теорема о движении центра масс. Примеры.
7. Движение тел с переменной массой. Реактивное движение. Формула Циолковского.
8. Работа. Работа постоянной силы при прямолинейном движении. Работа при криволинейном движении. Мощность.
9. Закон сохранения механической энергии. Момент силы и момент импульса относительно неподвижной точки и неподвижной оси. Уравнение моментов.
10. Закон сохранения момента импульса для системы материальных точек.
11. Законы Кеплера. Космические скорости.
12. Момент импульса и кинетическая энергия твёрдого тела, вращающегося относительно неподвижной оси.
13. Момент инерции. У
14. уравнение моментов для вращения твёрдого относительно неподвижной оси.
15. Уравнения движения и равновесия твёрдого тела. Число степеней свободы твёрдого тела.
16. Период и частота колебания. Гармонические колебания.
17. Свободные и вынужденные колебания. Резонанс.
18. Свободные незатухающие колебания груза на пружине (гармонический осциллятор). Математический маятник. Физический маятник.
19. Гармонический осциллятор с вязким трением.

20. Логарифмический декремент затухания и добротность осциллятора.
21. Моль вещества. Число Авогадро.
22. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа.
23. Молекулярно-кинетический смысл температуры. Распределение кинетической энергии по степеням свободы.
24. Уравнение состояния идеального газа. Законы идеального газа.
25. Уравнение состояния газа Ван-дер-Ваальса.
26. Внутренняя энергия идеального газа. Работа в термодинамики.
27. Работа идеального газа в изопроцессах.
28. Теплоёмкость. Первое начало термодинамики.
29. Адиабатический процесс. Уравнение Пуассона.
30. Тепловая машина. Коэффициент полезного действия тепловой машины.
31. Цикл Карно.
32. Энтропия идеального газа.
33. Фаза вещества. Фазовый переход.
34. Удельная теплота плавления. Парообразование и конденсация. Испарение.
35. Насыщенный пар. Влажность воздуха. Кипение.
36. Удельная теплота парообразования.

## **Раздел 2 Электричество и магнетизм**

1. Электрический заряд и электрическое поле.
2. Напряжённость - силовая характеристика поля.
3. Закон Кулона. Поле точечного заряда.
4. Поток векторного поля. Электростатическая теорема Гаусса в интегральной и дифференциальной форме.
5. Применение теоремы Гаусса для расчёта электростатических полей. Поле сферы и бесконечной плоскости, равномерно заряженных по поверхности. Поле бесконечного цилиндра и шара, равномерно заряженных по объёму.
6. Потенциальность электростатического поля. Теорема о циркуляции электростатического поля.
7. Разность потенциалов. Потенциал. Потенциал поля точечного заряда. Принцип суперпозиции для потенциалов.
8. Связь напряжённости и потенциала. Силовые линии и эквипотенциальные поверхности.
9. Электрическое поле в веществе. Вектор поляризации.
10. Вектор электрической индукции. Поляризуемость и диэлектрическая проницаемость.
11. Теорема Гаусса для диэлектриков.

12. Электроёмкость проводников и конденсаторов. Ёмкость уединённого проводника.
13. Ёмкость конденсатора.
14. Плоский конденсатор.
15. Сферический конденсатор.
16. Соединения конденсаторов в электрической цепи. Энергия заряженного конденсатора.
17. Закон Ома в дифференциальной форме.
18. Закон Ома в интегральной форме. Сопротивление проводника.
19. Последовательное и параллельное соединение проводников.
20. Работа и мощность электрического тока.
21. Тепловое действие электрического тока.
22. Закон Джоуля-Ленца.
23. Сторонние силы. Электродвижущая сила источника тока.
24. Закон Ома с учётом сторонних сил.
25. Закон Ома для замкнутой цепи.
26. Правила Кирхгофа.
27. Магнитное поле. Закон Ампера. Индукция магнитного поля.
28. Закон Био-Савара-Лапласа.
29. Принцип суперпозиции магнитных полей.
30. Магнитное поле бесконечного прямолинейного проводника с током. Поле кругового витка с током на его оси.
31. Сила Ампера. Сила Лоренца.
32. Теорема Гаусса для магнитных полей.
33. Теорема о циркуляции магнитного поля.
34. Магнитное поле бесконечно длинного соленоида и тороидальной катушки.
35. Понятие о диа-, пара- и ферромагнетизме.
36. Теорема о циркуляции магнитного поля в веществе.
37. Явление электромагнитной индукции. Закон Фарадея для электромагнитной индукции.
38. Правило Ленца.
39. Самоиндукция. Индуктивность.
40. Взаимоиндукция.
41. Энергия магнитного поля катушки с током. Объёмная плотность энергии магнитного поля.
42. Переходные процессы в RC- и RL-цепях.
43. Условие квазистационарности.
44. Колебательный контур.
45. Собственная частота незатухающих колебаний.

46. Затухающие колебания. Логарифмический декремент затухания и добротность колебательного контура.
47. Получение переменного тока.
48. Резистор в цепи переменного тока.
49. Тепловое действие переменного тока.
50. Действующее значение напряжения и силы тока.
51. Конденсатор и катушка индуктивности в цепи переменного тока.
52. Резонанс в цепи переменного тока. Преобразование переменного тока.
53. Трансформатор.
54. Обобщения теории Максвелла. Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Примеры.
55. Система уравнений Максвелла в интегральной форме.
56. Система уравнений Максвелла в дифференциальной форме.
57. Шкала электромагнитных волн.

### **Раздел 3. Волновые процессы. Оптика. Квантовая физика**

1. Волновое уравнение.
2. Уравнение монохроматической бегущей волны.
3. Основные характеристики волн.
4. Электромагнитные волны. Волновое уравнение.
5. Скорость распространения электромагнитных волн.
6. Электромагнитная природа света. Оптический и видимый диапазоны электромагнитных волн.
7. Волновое уравнение. Скорость света.
8. Гармоническая волна.
9. Плоские и сферические волны. Волновой фронт.
10. Поляризация электромагнитных волн. Линейная, круговая, эллиптическая поляризации. Естественный свет.
11. Немонохроматические волны. Спектральный состав светового импульса.
12. Интерференция монохроматических волн.
13. Двухлучевая интерференция. Суперпозиция плоских волн. Разность хода. Условия интерференционных максимумов и минимумов.
14. Интерференция в тонких пленках. Полосы равной толщины и равного наклона. Просветление оптики.
15. Интерференционные приборы. Бипризма.
16. Билинза.
17. Интерферометр Майкельсона. Применение интерференционных приборов.

18. Принцип Гюйгенса-Френеля.
19. Дифракция света на щели. Дифракционная расходимость.
20. Дифракционная решетка. Разрешающая способность.
21. Законы отражения и преломления.
22. Поляризация света при отражении и преломлении. Угол Брюстера.
23. Коэффициенты отражения и преломления света.
24. Полное внутреннее отражение света.
25. Дисперсия света.
26. Волновой пакет. Групповая скорость.
27. Закон Кирхгофа.
28. Абсолютно черное тело и его модель. Закон Стефана-Больцмана. Законы Вина.
29. Квантовая теория теплового излучения. Формула Планка.
30. Оптическая пирометрия.
31. Фотоэлектрический эффект.
32. Эффект Комптона и его объяснение на основе законов релятивистской механики.
33. Корпускулярная теория строения вещества.
34. Модель атома Томсона
35. Опыты и формула Резерфорда.
36. Постулаты Бора.
37. Опыты Франка и Герца.
38. Волновые свойства частиц.
39. Опыты Девиссона и Джермера. Дифракция электронов.
40. Гипотеза де Бройля.
41. Принцип неопределенности Гайзенберга.
42. Уравнение Шрёдингера.
43. Волновая пси-функция и ее физический смысл.
44. Атомное ядро и его основные характеристики. Зарядовое и массовое ела.
45. Ядерные силы и их природа.
46. Изотопы, изомеры и изобары.
47. Естественная радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Радиоактивное равновесие  $\alpha$ -распад.
48. Туннельный эффект,  $\beta$ -распад. Электронный захват.
49. Структура элементарных частиц. Кварки.

### 5.3. Шкалы оценки образовательных достижений

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## **6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Учеб. пособие: Для вузов. В 5т. Т.1. Механика - 4-е изд., стереот. - М.: ФИЗМАТЛИТ; Изд-во МФТИ, 2002. -560 с.
2. Савельев И.В. Курс общей физики: Учеб.: В 5 кн Кн. 1: Механика. М.: ООО «Издательство Астрель»: ООО «Издательство АСТ» 2002. - 336 с.:ил.
3. Иродов И.Е. Механика. Основные законы. - 5-е изд., испр. - М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001. - 320 с.
4. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. Учеб. пособие для вузов. 4-е изд., исправленное. - М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001. -432 с.
5. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. Учеб. Пособие. 9-е изд., стер. - СПб.: «Лань», 2005.-416 с.
6. Подлесный Д.В., Щепелев А.А. Лабораторный практикум. Часть I. Физические основы механики. - Саров: СарФТИ, 2007. - 56 с.
7. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Учеб. пособие: Для вузов. В 5т. Т.П. Термодинамика и молекулярная физика - 4-е изд., стереот. - М.: ФИЗМАТЛИТ; Изд-во МФТИ, 2002. - 576 с.
8. Савельев И.В. Курс физики: Учеб.: В 3-х т. Т. 1: Механика. Молекулярная физика. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. - 352 с.
9. Иродов И.Е. Физика макросистем. Основные законы. — 5-е изд., испр. — М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001. - 200 с.
10. Подлесный Д.В., Щепелев А.А. Лабораторный практикум. Механика жидкостей. Термодинамика и молекулярная физика. - Саров: СарФТИ, 2005.-40 с.
11. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Учеб. пособие: Для вузов. В 5т. Т.Ш. Электричество - 4-е изд., стереот. - М.: ФИЗМАТЛИТ; Изд-во МФТИ, 2002. - 656 с.
12. Савельев И.В. Курс общей физики: Учеб.: В 5 кн Кн. 2: Электричество и магнетизм. М.: ООО «Издательство Астрель»: ООО «Издательство АСТ» 2002. - 336 с.:ил.
13. Иродов И.Е. Электромагнетизм. Основные законы. - 3-е изд., испр. -М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2000. - 352 с.
14. Иродов И. Е. Волновые процессы. Основные законы: Учебное пособие для вузов. - М., Лаборатория Базовых Знаний, 1999.
15. Савельев И.В. Курс общей физики. Т. 4, - М., Астрель АСТ, 2002.
16. Савельев И.В. Сборник вопросов и задач по общей физике. - М.: Наука, 2004.
17. Савельев И.В. Сборник вопросов и задач по общей физике. Учеб. Пособие. М.: «Наука», 1982. – 272 с.
18. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. IV. Оптика- М., ФИЗМАТ-ЛИТ, 2002.



19. Савельев И.В. Курс общей физики. Учебное пособие для вузов. В 5-ти кн. кн.5. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. -М.: Астрель-АСТ, 2002.-208с.
20. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. Учебное пособие для вузов.-М.: Высш. Шк., 2002. 718с.
21. Сивухин Д.В. Курс общей физики. Т. V. Атомная и ядерная физика. М., Физматлит МФТИ, 2002., 782с.
22. Березин И.А. Ядерная физика. Конспект лекций. Учебное пособие. Сар-ФТИ, 2003.-66 с.

#### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. Ландсберг Г.С. Оптика. - М.: Наука, 1976.
2. Матвеев А.Н. Оптика. - М.: Высшая школа, 1985.
3. Н.И. Калитиевский. Волновая оптика, - М., Наука, 1971.
4. Е.И. Бутиков. Оптика. - СПб, Невский Диалект, 2003.
5. М. Борн, Э. Вольф. «Основы оптики», М., "Наука", 1970 г.

#### **7 МАТЕРИАЛЬНО - ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Материально-техническое обеспечение включает в себя специально оборудованные кабинеты и аудитории: компьютерные классы, аудитории, оборудование мультимедийными средствами обучения.

#### **8 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ по ВО по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов. В рамках учебного курса студенты работают с лекциями рекомендованной литературой, готовятся к контрольной работе, выполняют домашние задания.

#### **9 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ И СТУДЕНТОВ)**

Примерным учебным планом на изучение дисциплины отводится три семестра. В конце каждого семестра предусмотрен экзамен.

Изучение учебной дисциплины «Физика» предполагает овладение материалами лекций, учебника, программы, работу студентов в ходе проведения семинарских занятий, а также си-

стематическое выполнение заданий для самостоятельной работы студентов. В основе метода изучения общего курса физики в СарФТИ лежит идея единства физики как науки и глубокой взаимосвязи различных ее частей. Данный метод уделяет главное внимание изучению основных принципов физики и позволяет заложить прочную основу фундаментальных знаний.

В ходе лекций раскрываются основные вопросы в рамках рассматриваемой темы, делаются акценты на наиболее сложные и интересные положения изучаемого материала, которые должны быть приняты студентами во внимание. Материалы лекций являются основой для подготовки студента к семинарским занятиям, лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы. Также для самостоятельной подготовки разделов, указанных преподавателем, необходима литература, которая находится в библиотеке СарФТИ НИЯУ МИФИ.

Основной целью семинарских занятий является контроль за степенью усвоения пройденного материала, ходом выполнения студентами самостоятельной работы и рассмотрение наиболее сложных и спорных вопросов в рамках темы семинарского занятия.

Самостоятельная работа студентов включает подготовку к семинарским занятиям в соответствии с вопросами, представленными в РП по дисциплине, выполнение заданий для самостоятельной работы студентов, решение тестов и задач, др. Задания для самостоятельной работы выполняются студентом в письменном виде.

При необходимости в процессе работы над заданием студент может получить индивидуальную консультацию у преподавателя.

Кроме того, предусмотрено проведение индивидуальной работы (консультаций) со студентами в ходе изучения материала данной дисциплины.

Преподавание дисциплины требует в каждой теме выделить наиболее важные, базовые моменты и сделать акцент на них. Предлагается:

- в разделе 1 обратить внимание на уравнения, описывающие законы движения тел, как на дифференциальные уравнения; на 1-е и 2-е начала термодинамики;
- в разделе 2 обратить внимание на законы переменного и постоянного токов, а также основные законы магнетизма (закон электромагнитной индукции, закон Био Савара Лапласа);
- в разделе 3 обратить внимание на вопросы, касающиеся волновой природы света (интерференцию, дифракцию, поляризацию, дисперсию); а также вопросы, касающиеся двойственной природы частиц, строения атома и ядра.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ к обязательному минимуму содержания основной образовательной программы по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника».

**Программу составил:**

Е.Г. Косяк

П.Г. Кузнецов

**Рецензент:**

Н.С. Шевяхов