

В. В. Горлач, Н. А. Иванов, М. В. Пластинина

ФИЗИКА. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТА

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ СПО

2-е издание, исправленное и дополненное

Рекомендовано Учебно–методическим отделом среднего профессионального образования в качестве учебного пособия для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования

Книга доступна в электронной библиотечной системе
biblio-online.ru

Москва ■ Юрайт ■ 2019

УДК 53(075.32)
ББК 22.3я723
Г69

Авторы:

Горлач Виктор Васильевич — кандидат физико-математических наук, доцент, преподаватель Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии;

Иванов Николай Александрович — кандидат технических наук, доцент, преподаватель Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии;

Пластинина Марина Васильевна — кандидат физико-математических наук, доцент, преподаватель Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии.

Рецензенты:

Суриков В. И. — доктор технических наук, профессор (ОГТУ);

Бобров П. П. — доктор физико-математических наук, профессор (ОГПИ);

Пластинин В. В. — доктор физико-технических наук, профессор (ОмГИС), заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, академик ПАНИ.

Горлач, В. В.

Г69 Физика. Самостоятельная работа студента : учеб. пособие для СПО / В. В. Горлач, М. В. Пластинина, Н. А. Иванов. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 168 с. — Серия : Профессиональное образование.

ISBN 978-5-9916-9834-4

В учебном пособии раскрывается содержание и методика самостоятельной работы студента (СРС): программа курса физики, индивидуальные задания и тесты; вопросы для подготовки к практическим занятиям и экзаменам. Показаны примеры и различные способы решения задач по важнейшим разделам. Для самоконтроля большинство задач снабжено ответами. Задачи повышенной трудности собраны в отдельные варианты. В книгу вошли также аннотированный указатель учебной литературы, тематика учебно-исследовательской работы, таблицы физических постоянных и некоторые сведения из математики.

Соответствует актуальным требованиям Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования и профессиональным требованиям.

Для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования.

УДК 53(075.32)
ББК 22.3я723



Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав. Правовую поддержку издательства обеспечивает юридическая компания «Дельфи».

© Горлач В. В., Иванов Н. А.,
Пластинина М. В., 2014

© Горлач В. В., Иванов Н. А.,

Пластинина М. В., 2016, с изменениями

© ООО «Издательство Юрайт», 2019

ISBN 978-5-9916-9834-4

Оглавление

| | |
|---|------------|
| Предисловие | 4 |
| 1. Основное содержание стандартной рабочей программы | 6 |
| 2. Организация самостоятельной работы по модульной рейтинговой системе | 14 |
| 3. СРС по теоретической части курса физики | 17 |
| 3.1. Методические указания..... | 17 |
| 3.2. Примерный перечень теоретических вопросов, рекомендуемых для самостоятельного изучения | 17 |
| 4. Индивидуальные задания | 19 |
| 4.1. Тематика индивидуальных заданий..... | 19 |
| 4.2. Общие методические указания..... | 20 |
| 4.3. Обработка результатов измерений | 22 |
| 4.4. Применение закона Ома..... | 26 |
| 4.5. Масса, импульс, энергия в теории относительности, квантовой теории и физике атомного ядра..... | 30 |
| 4.6. Термодинамический цикл. КПД теплового двигателя..... | 32 |
| 4.7. Варианты индивидуальных заданий..... | 37 |
| 4.8. Диаграммы термодинамических циклов..... | 133 |
| 4.9. Аннотированный список рекомендуемой литературы..... | 138 |
| 5. Учебно-исследовательская работа | 141 |
| 5.1. Тематика рефератов | 141 |
| 5.2. Начало научного поиска. Источники информации..... | 146 |
| 5.3. Оформление результатов исследования | 147 |
| 5.4. Презентация учебной научной работы | 154 |
| Библиографический список | 155 |
| Приложения | 156 |
| Новые издания по дисциплине «Физика» и смежным дисциплинам | 168 |

ПРЕДИСЛОВИЕ

Самостоятельной работе студента (СРС) отводится около половины учебного времени, выделенного на изучение дисциплины. Здесь и решение задач, и подготовка к практическим занятиям и к экзаменам, конспектирование некоторых вопросов теории, учебно-исследовательская работа.

Предлагаемое пособие по СРС разработано в соответствии с программой курса физики для студентов технических специальностей и действующими государственными образовательными стандартами. В пособии приводится основное содержание стандартной рабочей программы.

Студенты найдут в данной книге не только советы по самостоятельному изучению физики, но и рекомендации к выполнению учебных заданий вне аудитории по смежным дисциплинам (универсальный алгоритм решения вычислительных задач, подготовка рефератов и докладов, обработка результатов измерений, составление таблиц, построение диаграмм). Как руководство по организации СРС книга заинтересует преподавателей всех уровней обучения. Студентам, проявляющим склонность к научным исследованиям, предлагаются темы рефератов (около 100 названий), сгруппированные по разделам физики.

Индивидуальные задания, составленные в 30 вариантах, охватывают все разделы курса. Задачи на одну и ту же тему в разных вариантах несколько различаются по физическому содержанию. С учетом этого обстоятельства варианты с 1-го по 25-й составлялись так, чтобы различие их трудности было незначительным. Равномерно распределены задачи, решение которых сопряжено с применением элементов высшей математики. Задачи сопровождаются числовыми ответами, но некоторые результаты требуется сформулировать самостоятельно на основе анализа общего вида решения. В варианты 26–30 включены задачи повышенной сложности, предназначенные для желающих получить дополнительные баллы в рамках рейтинговой системы. Эти задачи можно также использовать для решения на практических занятиях под руководством преподавателя.

К важнейшим темам, по которым в распространенных учебных пособиях сведений недостаточно или они противоречивы, приводятся расчетные формулы. В остальных случаях необходимый справочный материал читатель может найти в рекомендуемой литературе.

На примерах показано применение закона Ома и первого закона термодинамики с подробным теоретическим анализом. Задание по расчету КПД теплового двигателя сформулировано одинаково для всех вариантов и к нему даны отдельные методические указания. Диаграммы термодинамических циклов по всем 30 вариантам собраны вместе.

Предлагаемый набор индивидуальных заданий на весь курс обучения не исключает, а скорее предполагает решение других, более простых, «тренировочных» задач. Без опыта их решения трудность некоторых заданий может показаться завышенной.

В результате изучения курса физики студент должен освоить:

- **трудовые действия:** владение методами экспериментального исследования (планирование, постановка эксперимента; обработка результатов измерений);

- **необходимые умения:** решать типовые задачи по основным разделам физики, применяя методы моделирования и математического анализа; использовать законы физики в решении проблем;

- **необходимые знания:** основные понятия и модели механики, электричества и магнетизма, колебаний и волн, квантовой физики, статистической физики и термодинамики.

Пособие создано на основе многолетнего опыта работы авторов со студентами технических специальностей. Идеи задач, собранных в книге, большей частью заимствованы из публикаций в научно-популярных и учебно-методических изданиях. Варианты индивидуальных заданий составлены при участии Н. А. Иванова (темы 2–4, 13–16) и М. В. Пластининой (темы 8–12, 17, 19).

В. В. Горлач

1. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ СТАНДАРТНОЙ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

(Вопросы для подготовки к практическим занятиям
и экзаменационные вопросы)

Раздел 1. Механика

Тема 1.1. Введение в курс физики. Общая структура и задачи курса. Роль изучения физики в становлении инженера. Физика и техника. Методы физических исследований: опыт, гипотеза, теория, эксперимент. Математика и физика. Измерение физических величин и погрешности измерений. Международная система единиц.

Тема 1.2. Кинематика материальной точки. Физические модели в механике: материальная точка, система материальных точек, абсолютно твердое тело. Пространство и время. Понятие состояния в классической механике. Уравнения движения материальной точки. Релятивистский закон сложения скоростей. Скорость и ускорение при криволинейном движении. Тангенциальное и нормальное ускорения. Угловая скорость и угловое ускорение при движении материальной точки по окружности. Связь угловых и линейных характеристик движения.

Тема 1.3. Динамика материальной точки. Виды взаимодействий. Силы в механике. Сила упругости, сила трения, сила тяжести. Закон всемирного тяготения. Современная трактовка законов Ньютона. Элементы специальной теории относительности (СТО): принцип относительности; масса, импульс, полная и кинетическая энергия в СТО.

Тема 1.4. Работа и энергия. Теорема об изменении кинетической энергии. Консервативные и неконсервативные силы. Работа консервативной силы и потенциальная энергия. Работа переменной силы.

Тема 1.5. Динамика твёрдого тела. Динамика вращательного движения твердого тела: момент инерции, момент силы, момент импульса тела относительно неподвижной оси вращения; уравнение динамики вращательного движения; энергия вращательного движения; работа при вращательном движении.

Тема 1.6. Законы сохранения в механике. Закон сохранения импульса. Центр масс (центр инерции). Теорема о движении центра масс. Закон сохранения механической энергии. Закон сохранения момента импульса.

Раздел 2. Электричество

Тема 2.1. Характеристики электростатического поля. Закон сохранения электрического заряда. Взаимодействие зарядов в вакууме и в веществе; закон Кулона. Напряжённость поля и поток вектора напряжённости. Принцип суперпозиции электрических полей. Поле диполя.

Тема 2.2. Теорема Гаусса и её применение. Поверхностная плотность заряда, линейная плотность заряда. Теорема Гаусса и её применение для расчета поля распределённых зарядов: точечного заряда, сферы, плоскости, заряженной нити (цилиндра).

Тема 2.3. Проводники и диэлектрики в электростатическом поле. Проводники в электростатическом поле. Электростатическая защита. Диэлектрики в электростатическом поле. Напряжённость электрического поля и вектор электрического смещения в слоистом диэлектрике.

Тема 2.4. Связь напряжённости и потенциала. Потенциал и работа электрического поля. Расчет разности потенциалов поля плоскости, нити, точечного заряда, сферы по известной напряжённости.

Тема 2.5. Электроёмкость. Электроёмкость проводника, конденсатора. Соединение конденсаторов. Вывод формул ёмкости плоского и цилиндрического конденсаторов.

Тема 2.6. Энергия электрического поля. Энергия и плотность энергии электрического поля. Примеры задач электростатики.

Тема 2.7. Законы постоянного тока. Постоянный электрический ток. Условия существования тока. Закон Ома и закон Джоуля – Ленца в локальной форме. ЭДС источника тока. Закон Ома для участка цепи с гальваническим элементом. Правила Кирхгофа.

Раздел 3. Магнетизм

Тема 3.1. Характеристики магнитного поля. Сравнительная характеристика электростатического и магнитного полей. Сила Лоренца и сила Ампера. Момент силы, действующий на рамку с током в магнитном поле. Вектор магнитной индукции. Магнитный поток. Принцип относительности в электродинамике.

Тема 3.2. Движение заряженных частиц в магнитном поле. Изменение скорости заряженной частицы под действием магнитного поля. Расчёт радиуса траектории и периода обращения заряженной

частицы в магнитном поле. Радиационные пояса Земли. Циклотрон. МГД-генератор.

Тема 3.3. Расчёт магнитной индукции на основе закона Био – Савара – Лапласа (Б–С–Л) и закона полного тока. Закон Б–С–Л и его применение для расчёта индукции магнитного поля, созданного проводниками с током различной конфигурации. Принцип суперпозиции магнитных полей. Циркуляция вектора магнитной индукции, закон полного тока.

Тема 3.4. Работа в магнитном поле. Работа по перемещению проводника и контура с током в магнитном поле.

Тема 3.5. Электромагнитная индукция. Явление электромагнитной индукции. Вихревое электрическое поле. Закон Фарадея – Максвелла, правило Ленца. Самоиндукция. Индуктивность. Энергия и плотность энергии магнитного поля.

Тема 3.6. Магнитное поле в веществе. Магнитные свойства вещества; магнитные моменты электронов и атомов. Намагниченность, магнитная проницаемость и магнитная восприимчивость. Напряжённость магнитного поля. Свойства и применение ферромагнетиков.

Тема 3.7. Индуктивность. Самоиндукция. Индуктивность, явление самоиндукции. Физические основы генерирования и трансформации переменного тока.

Тема 3.8. Энергия магнитного поля. Энергия и плотность энергии магнитного поля. Принцип относительности в электродинамике.

Тема 3.9. Уравнения Максвелла. Материальные уравнения. Уравнения Максвелла в интегральной форме, ток смещения. Материальные уравнения.

Раздел 4. Физика колебаний

Тема 4.1. Гармонический осциллятор. Кинематика колебаний. Единый подход к рассмотрению колебаний различной природы. Амплитуда, угловая частота, фаза гармонических колебаний. Моделирование гармонических колебаний с помощью вращающегося вектора амплитуды.

Тема 4.2. Динамика колебаний. Гармонический осциллятор: груз на пружине, физический маятник, математический маятник, колебательный контур; дифференциальное уравнение колебаний, период колебаний.

Тема 4.3. Энергетические соотношения для гармонического осциллятора. Кинетическая и потенциальная энергии груза на пружине. Пропорциональность энергии квадрату частоты и квадрату амплитуды. Энергетические соотношения для колебательного контура.

Тема 4.3. Сложение колебаний. Сложение одинаково направленных колебаний, векторные диаграммы. Гармонический анализ сложного колебания, физический смысл спектрального разложения. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний; уравнение траектории; фигуры Лиссажу.

Тема 4.4. Свободные колебания. Свободные колебания при наличии сопротивления: зависимость амплитуды от времени; коэффициент затухания, логарифмический декремент затухания; время релаксации. Физический смысл коэффициента затухания и логарифмического декремента. Ангармонический осциллятор. Автоколебания.

Тема 4.5. Вынужденные колебания. Колебания под действием внешней синусоидальной силы. Амплитуда и фаза вынужденных колебаний. Резонанс. Анализ резонансных кривых; добротность колебательной системы.

Тема 4.6. Вынужденные колебания в электрических цепях. Вынужденные колебания в цепи переменного тока. Резонанс напряжений. Активное и реактивные сопротивления. Векторная диаграмма напряжений. Полное сопротивление, закон Ома для цепи переменного тока.

Раздел 5. Волновые процессы

Тема 5.1. Волны в упругой среде. Акустика. Бегущая волна, фазовая скорость и длина волны. Одномерное волновое уравнение. Упругие волны в газах, жидкостях и твердых телах. Энергетические соотношения, вектор Умова. Поведение волн на границе двух сред. Основы акустики. Эффект Доплера.

Тема 5.2. Стоячие волны. Волны в трубах, струнах. Стоячая волна. Собственные частоты (нормальные моды) при распространении колебаний в трубах, струнах и стержнях.

Тема 5.2. Электромагнитные волны. Поляризация. Плоские электромагнитные волны; уравнение волны. Скорость волны и показатель преломления. Дисперсия электромагнитных волн.

Групповая скорость. Энергетические соотношения для электромагнитной волны; вектор Пойнтинга. Поляризация волн; поляризация света при отражении и поглощении; двойное лучепреломление.

Тема 5.3. Интерференция волн. Способы получения интерференционных картин. Полосы равной толщины и равного наклона. Щели Юнга, тонкие плёнки, кольца Ньютона.

Тема 5.4. Применение интерференции. Просветление оптики. Измерение показателя преломления. Интерферометры.

Тема 5.5. Дифракция волн. Принцип Гюйгенса – Френеля. Зоны Френеля. Дифракция на круглом отверстии и диске. Дифракция на одной щели. Дифракция на решётке, разрешающая способность дифракционной решётки.

Тема 5.6. Примеры задач волновой оптики с применением законов фотометрии и геометрической оптики. Объяснение отражения и преломления света на основе волновой теории. Прямолинейность распространения света. Полное отражение света. Оптическая сила системы линз. Фотометрические величины и их единицы: светимость, яркость, световой поток, сила света, освещённость; законы освещённости.

Раздел 6. Квантовые явления

Тема 6.1. Явления, объясняемые квантовой природой электромагнитного излучения. Квантовая гипотеза Планка; энергия и импульс квантов электромагнитного излучения. Спектр атома водорода. Фотоэффект. Эффект Комптона. Опыт Франка – Герца. Линейчатые спектры излучения и поглощения. Постулаты Бора. Атомная теория Бора и объяснение спектров водородоподобных атомов; недостатки теории Бора.

Тема 6.2. Рентгеновское излучение. Генерирование рентгеновского излучения. Объяснение коротковолновой границы тормозного излучения, метод измерения постоянной Планка. Происхождение характеристического излучения. Рентгеноспектральный и рентгеноструктурный анализ. Формула Вульфа – Брэгга.

Тема 6.3. Тепловое излучение. Равновесное тепловое излучение: основные понятия и законы; распределение энергии по спектру теплового излучения, формула Планка; оптическая пирометрия.

Тема 6.4. Квантовая (волновая) механика. Корпускулярно-волновой дуализм. Гипотеза де Бройля. Дифракция электронов. Соотно-

шения неопределенностей. Физический смысл волновой функции. Уравнение Шрёдингера. Частица в прямоугольной потенциальной яме, туннельный эффект. Квантовые системы и квантовые состояния. Квантовые числа. Принципы распределения частиц по состояниям в квантовых системах. Энергетические спектры атомов и молекул. Правило отбора для квантовых переходов в атоме водорода.

Тема 6.5. Вынужденное излучение. Спонтанное и вынужденное излучения. Оптически активные среды. Метастабильный уровень, трёхуровневая система. Квантовый оптический генератор. Свойства лазерного излучения. Принцип голографии. Понятие о нелинейной оптике.

Раздел 7. Ядерная физика

Тема 7.1. Ядро как квантовая система. Строение ядра. Взаимодействие ядерных частиц. Свойства ядерных сил. Энергия связи ядра.

Тема 7.2. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Период полураспада. Активность нуклида. Удельная активность, объёмная активность. Закономерности бета-распада. Применение законов сохранения к процессам ядерных превращений.

Тема 7.3. Характеристика ионизирующих излучений. Взаимодействие ядерных частиц с веществом. Элементы дозиметрии: дозиметрические величины, их единицы.

Тема 7.4. Ядерные реакции. Примеры ядерных реакций. Энергетический эффект ядерной реакции. Формы записи реакций.

Тема 7.5. Принципы получения ядерной энергии. Самоподдерживающиеся реакции синтеза и деления ядер. Составные части ядерного реактора на медленных нейтронах. Коэффициент размножения нейтронов. Критическая масса. Реакторы-размножители.

Раздел 8. Статистическая физика (МКТ) и термодинамика

Тема 8.1. Молекулярно-кинетическая теория (МКТ). Основное уравнение МКТ идеального газа. Уравнение состояния идеального газа. Статистический смысл температуры.

Тема 8.2. Распределение молекул по скоростям. Скорости теплового движения молекул в газе: среднеквадратичная, средняя арифметическая скорости молекул. Распределение молекул по скоростям (распределение Максвелла), наиболее вероятная скорость

молекул. Распределение молекул по энергиям в потенциальном поле. Барометрическая формула.

Тема 8.3. Кинетические явления в газах. Среднее число столкновений и длина свободного пробега молекул. Кинетические явления в газах: диффузия, теплопроводность, внутреннее трение. Зависимость коэффициентов диффузии, теплопроводности, вязкости газов от концентрации молекул и температуры.

Тема 8.4. Теплоёмкости газов. Закон Больцмана о распределении энергии молекул по степеням свободы. Средняя кинетическая энергия многоатомной молекулы. Внутренняя энергия идеального газа как функция состояния. Различие теплоёмкостей газов с точки зрения МКТ. Объяснение зависимости теплоёмкости газов от температуры в рамках квантовой теории. Применение первого закона термодинамики к расчётам теплоёмкостей газов в изопараметрических процессах.

Тема 8.5. Адиабатный процесс. Уравнение адиабаты (уравнение Пуассона). Расчёт показателя адиабаты.

Тема 8.6. Круговые процессы. Обратимые и необратимые процессы. Круговые процессы. Второй закон термодинамики. Термодинамическое определение энтропии. Статистический смысл энтропии.

Тема 8.7. Максимальный КПД тепловой машины. Цикл Карно. Максимальный КПД тепловой машины. Третий закон термодинамики.

Тема 8.8. Реальные газы. Изотермы Ван дер Ваальса. Уравнение состояния реального газа. Внутренняя энергия реального газа.

Тема 8.9. Фазовые превращения. Агрегатное состояние и фаза вещества. Фазовые превращения. Фазовые переходы первого и второго рода. Теплота фазового перехода.

Раздел 9. Физика конденсированных сред

Тема 9.1. Свойства жидкостей. Общие свойства жидкостей и газов. Диффузия и внутреннее трение; динамическая и кинематическая вязкости жидкости; поверхностное натяжение. Лапласово давление, капиллярные явления.

Тема 9.2. Механика жидкости. Движение тел в жидкости; закон Стокса. Элементы механики идеальной жидкости: давление в жидкости; уравнение неразрывности; уравнение Бернулли.

Тема 9.3. Элементы зонной теории твёрдых тел. Классификация твёрдых тел по типу химической связи, по типу кристаллической структуры, по удельной проводимости, по структуре энергетических зон и ширине запрещённой зоны. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Внутренний фотоэффект, фотопроводимость. Экспериментальные методы определения ширины запрещённой зоны.

Тема 9.4. Контактные явления в твёрдых телах. ТермоЭДС, эффект Пельтье. Свойства p - n -перехода.

Тема 9.5. Металлы. Недостаточность классической электронной теории электропроводности металлов. Элементы квантовой статистики свободных электронов в твердых телах, уровень Ферми. Вклад электронов в теплоёмкость и теплопроводность металлов.

Тема 9.6. Теплоёмкость твёрдых тел. Внутренняя энергия твёрдых тел. Теплоёмкость кристаллов при низких и высоких температурах. Классическая и квантовая теории теплоёмкостей твёрдых тел: закон Дюлонга – Пти; колебательный спектр кристаллов, понятие о фононах; закон кубов Дебая, температура Дебая.

Раздел 10. Достижения и проблемы современной физики

Тема 10.1. Проблемы современной физики. Управляемый термоядерный синтез (УТС), сверхпроводимость. Разработка физических основ создания материалов с заданными свойствами (ударопрочных и износостойких, устойчивых к действию радиации, не подверженных коррозии и т.д.).

Тема 10.2. Современная физическая картина мира. Границы применимости физических законов. Иерархия структур материи. Классификация элементарных частиц: лептоны и барионы, фермионы и бозоны, частицы и античастицы. Свойства элементарных частиц, их взаимодействие и взаимопревращаемость, аннигиляция и рождение пар. Кварковая модель адронов. Специфические законы сохранения при взаимопревращении элементарных частиц. Эволюция Вселенной. Физическая картина мира: корпускулярная и континуальная концепции описания природы; вещество и поле.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО МОДУЛЬНОЙ РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ

В модульной системе учебный материал семестра структурирован в 3–4 модуля, представляющие логически законченные разделы курса (табл. 1).

Таблица 1

Примерное деление курса физики¹ на модули

| <i>Первый семестр</i> | <i>Второй семестр</i> | <i>Третий семестр</i> |
|---|--|---|
| 1. Механика 2. Электричество 3. Магнетизм | 1. Колебания 2. Волновые процессы 3. Квантовые явления | 1. Физика атомного ядра 2. Статистическая физика и термодинамика 3. Физика конденсированных сред |

В содержании модулей предусматриваются следующие виды работ: посещение лекций; выполнение лабораторных работ и индивидуальных заданий; участие в различных контрольных мероприятиях: выполнение тестовых заданий в рамках модуля; защита результатов лабораторных работ, защита индивидуальных заданий (текущий контроль); участие в рубежном (по модулям) контроле аудиторной работы и СРС.

Качество освоения образовательных программ в вузе оценивается в несколько этапов: 1) текущий контроль успеваемости; 2) промежуточная аттестация по трём контрольным точкам в течение семестра; 3) итоговая аттестация в конце семестра (зачёт или экзамен).

Рейтинговая² система создана для реализации возможности получения семестровой оценки по результатам текущего и рубежного контроля без дополнительного собеседования или экзамена в конце семестра. В рамках этой системы каждый из вас получает по результатам учебной работы в семестре определенное количество баллов, сумма которых и составляет ваш собственный рейтинг. Достаточно высокий рейтинг гарантирует получение зачета или экзаменационной оценки («автомат») и значительное снижение нагрузки в конце семестра.

¹ Последовательность изучения модулей соответствует Программе по физике для технических специальностей вузов (МО РФ, 2000).

² Рейтинг (*rating*) — оценка, ранг, индивидуальный числовой показатель уровня оценок.

Количество заданий по СРС, компоновка их по модулям и сроки выполнения и отчетности определяются календарным планом изучения дисциплины. Этот план вместе с расписанием консультаций сообщает лектор потока в начале каждого семестра. Варианты заданий распределяет преподаватель, ведущий занятия в подгруппе, руководствуясь, как правило, нумерацией в списке группы.

Защита выполненного индивидуального задания (2–3 задачи) происходит в виде собеседования с преподавателем. Во время защиты вы либо объясняете ход решения, либо решаете одну из задач в общем виде (без вычислений). В последнем случае разрешается использовать любые пособия, за исключением тех, где находится готовое решение данной задачи. По желанию одно из предусмотренных рабочей программой заданий может быть заменено на реферат по соответствующей тематике по согласованию с ведущим преподавателем.

Объективность оценки уровня достижения в каждом модуле обеспечивается системой итоговых тестов и собеседований (коллоквиумов).

Рейтинговая система предполагает «одноразовый подход», т.е. рейтинг повышается только при *первом* предъявлении результатов работ (защита лабораторных работ, индивидуальных заданий и пр.). При неудовлетворительной оценке и повторной защите, а также защите просроченной работы нельзя претендовать на максимальную оценку, но перед сдачей работы можно предварительно проконсультироваться у преподавателя.

В зависимости от того, насколько просрочена защита задания относительно даты, установленной календарным планом, к оценке применяется понижающий коэффициент от 0,5 до 0,3. Чтобы избежать снижения оценки, предъявляйте результаты работ и выясняйте непонятные вопросы заблаговременно до окончания модуля.

Расписание консультаций публикуется на сайте преподавателя кафедры, читающего курс лекций по изучаемому предмету. На консультации есть возможность в первую очередь выяснить вместе с преподавателем некоторые «темные места» в конспекте лекции или в учебнике, устранить возможные разночтения в том и в другом, получить помощь в выполнении СРС и только во вторую очередь — ликвидировать задолженности.

Кроме баллов, получаемых за обязательные виды работ (их максимальная сумма обозначается M), возможно дополнительное повышение рейтинга: за выполнение усложненных заданий, за участие в научных исследованиях, в олимпиадах, за доклады на студенческой научной конференции, за отдельные устные сообщения на лекции или на практическом занятии.

При расчете итогового рейтинга в конце семестра дополнительные баллы суммируются для получения более высокой оценки («автомат») при условии, если рейтинг уже составляет не менее $\frac{2}{3}M$, где M — сумма баллов за выполнение работ, предусмотренных учебным планом.

Посещение лекций, практических занятий вносит определенный вклад в рейтинг даже в тех случаях, если там не планируется контроль знаний. Если на данном занятии проводился контроль, не предусмотренный календарным планом, то оценки дают дополнительный вклад в рейтинг.

Зачёт или семестровую оценку «автомат» по результатам работы в семестре можно получить, если ваш собственный рейтинг X превышает 67 % от максимально возможного значения M за обязательные виды работ, т. е. $X > 0,67M$. Оценка «хорошо» выставляется при условии $X \geq 0,80M$; оценка «отлично» — при $X \geq 0,90M$. Оценка «автомат» выставляется в день экзамена по дисциплине согласно расписанию. Набранный в семестре рейтинг не учитывается в ходе экзамена при попытке повысить оценку, полученную по результатам текущей работы.

Лектор потока обеспечивает полную информацию об учебной, в том числе и внеаудиторной, работе по физике, сообщает студентам временные границы модулей, тематику и содержание СРС, даты проведения олимпиад, научных конференций и конкурсов, календарные планы лекций, сроки выполнения лабораторных, контрольных работ и индивидуальных заданий, контрольные вопросы к защите лабораторных работ, вопросы коллоквиумов и экзаменационные вопросы.

3. СРС ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА ФИЗИКИ

3.1. Методические указания

В качестве СРС могут быть предложены: выводы формул для частных случаев по образцу, показанному на лекции; некоторые вопросы современной физики, выходящие за рамки учебника; практические приложения физических эффектов и т. п.

Задания по СРС, касающиеся теоретической части курса, предполагают написание и предъявление конспекта (краткого изложения существа вопроса). Составить конспект помогут вам следующие советы.

- Прочитайте соответствующий раздел учебника. Используйте несколько книг различных авторов.
- Уясните смысл прочитанного, прежде чем приступить к конспектированию.
- Не переписывайте всё подряд, выделяйте главное. Не уходите в сторону от темы. Если границы темы расплывчаты, попросите преподавателя уточнить круг вопросов и полноту их изложения.

3.2. Примерный перечень теоретических вопросов, рекомендуемых для самостоятельного изучения

Механика

1. Моменты инерции тел вращения: выводы формул.
2. СТО: преобразование координат и скоростей при переходе из одной системы отсчёта в другую.
3. Правила округления. Приближённые вычисления.

Электродинамика

1. Применение теоремы Гаусса для расчёта напряжённости электростатического поля некоторых заряженных тел.
2. Параллельное и последовательное соединения конденсаторов.
3. Классическая электронная теория проводимости металлов.
4. Электрический ток в газах и электролитах.
5. Методы измерения ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока.
6. Применение закона Био – Савара – Лапласа к расчёту магнитного поля прямого проводника.
7. Движение заряженных частиц в магнитном поле. Эффект Холла. МГД-генератор.

Колебания и волны

1. Вывод общего уравнения траектории при сложении взаимно перпендикулярных колебаний.
2. Автоколебательные системы.
3. Эффект Доплера при распространении звуковых и электромагнитных волн.
4. Вывод законов отражения и преломления в волновой теории на основе принципа Гюйгенса. Ограниченность законов геометрической оптики из-за проявления волновых свойств излучения.
5. Фотометрические величины: сила света, световой поток, освещённость, светимость, яркость. Определения и единицы фотометрических величин. Законы освещённости.
6. Вращение плоскости поляризации. Измерение концентрации растворов.
7. Интерференция поляризованного света.
8. Дисперсия электромагнитных волн: нормальная и аномальная.

Квантовая физика и физика атомного ядра

1. Давление света в волновой и квантовой теориях.
2. Явления, объясняемые туннельным эффектом.
3. Экспериментальные способы определения постоянной Планка.
4. Идентификация ядерных частиц с помощью трековой камеры.

Статистическая физика и термодинамика

1. Распределение частиц по энергиям в потенциальном поле. Вывод барометрической формулы.
2. Определение КПД теплового двигателя по диаграмме цикла.
3. Составление таблицы «Изопроцессы» (уравнение, график, работа газа, теплоёмкость).
4. Квантовые эффекты в теплоёмкости газов.

Физика конденсированных сред

1. Методы измерения вязкости и поверхностного натяжения жидкостей.
2. Фононная теория теплоёмкости твёрдых тел.
3. Методы измерения ширины запрещённой зоны.
4. Использование свойств $p - n$ -перехода в электронике: полупроводниковый диод, вентильный фотоэлемент, светодиод, фотодиод, полупроводниковый лазер.

4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

4.1. Тематика индивидуальных заданий

Механика

1. Нахождение доверительного интервала по результатам многократных измерений.
2. Кинематика и динамика материальной точки.
3. Динамика твёрдого тела: момент инерции, момент силы, момент импульса.
4. Работа и энергия. Законы сохранения в механике.

Электричество

5. Напряженность и потенциал электростатического поля. Принцип суперпозиции полей.
6. Электроёмкость. Закон сохранения заряда и закон сохранения энергии в электростатике.
7. Законы постоянного тока.

Магнетизм

8. Магнитное поле. Принцип суперпозиции. Сила Лоренца. Сила Ампера. Момент силы, действующий на контур с током в магнитном поле. Работа по перемещению проводников с током в магнитном поле.
9. Электромагнитная индукция. Индуктивность. Энергия магнитного поля.

Физика колебаний

10. Кинематика гармонических колебаний. Сложение колебаний.
11. Динамика колебаний. Гармонические осцилляторы: груз на пружине, математический и физический маятники. Свободные и вынужденные колебания в механических колебательных системах.
12. Электромагнитные колебания.

Волновые процессы

13. Волны в упругой среде: плоская бегущая волна; стоячая волна; звуковые волны.
14. Свойства электромагнитных волн. Поляризация.
15. Интерференция.
16. Дифракция.

Квантовые явления

17. Квантовые явления: фотоэффект, эффект Комптона; спектры водородоподобных атомов; рентгеновские лучи.
18. Тепловое излучение: закон Стефана – Больцмана, законы Вина; распределение энергии по спектру.
19. Элементы квантовой механики: корпускулярно-волновой дуализм, волны де Бройля; соотношения неопределённостей, волновая функция.
20. Ядро атома: энергия связи; радиоактивность; ядерные реакции.

Статистическая физика (МКТ) и термодинамика

21. МКТ идеального газа.
22. Явления переноса: диффузия, теплопроводность, внутреннее трение в газах.
23. Термодинамика: количество теплоты и работа сил давления газа, изменение внутренней энергии и энтропии в изопараметрических процессах.
- 23^о. КПД теплового двигателя.⁵
- Физика конденсированных сред*
24. Механика жидкости: закон Стокса; давление в потоке жидкости, уравнение Бернулли.
25. Свойства жидкости: вязкость, поверхностное натяжение.

⁵ Задание 23^о предлагается для отдельных специальностей по выбору преподавателя.

4.2. Общие методические указания

В каждом из трёх (реже четырёх) модулей выдаётся индивидуальное задание, содержащее от 2 до 5 задач. Выполненную работу желательно представлять для проверки на двойном листе из тетради или на скреплённых листах формата А4 (вместе все задачи по одному разделу). В начале работы укажите свою фамилию и инициалы, наименование учебной группы, номер варианта и номера заданий.

Прежде чем приступить к выполнению заданий, прочитайте соответствующий раздел учебника или просмотрите конспект лекций на эту тему, ознакомьтесь с примерами решения задач в настоящем пособии и в рекомендуемой литературе (с. 138). Приступая к решению задачи, желательно иметь перед собой список формул (определений и законов) по данной теме. Тематика задач дана на с. 19.

Алгоритм выполнения индивидуальных заданий по решению задач следующий.

1. Перепишите полностью текст задачи; искомые и заданные величины выпишите отдельно в краткой символической форме с одновременным переводом числовых значений в СИ. Если задание содержит рисунок, воспроизведите его, соблюдая пропорции. Решение сопровождайте собственными рисунками.

2. Выведите расчётную формулу, если она не является основным законом или определением величины. При затруднениях обращайтесь к рекомендуемым пособиям (см. с. 138) и математическому приложению (прил. 2 – 3). Сделайте ссылку на использованную литературу. В особенности это необходимо, когда физическая природа явления не была рассмотрена на аудиторных занятиях.

Математические преобразования формул сопровождайте исчерпывающими пояснениями: а) какие физические явления исследуются в данной задаче; б) на основании каких законов составлены уравнения; в) посредством каких математических операций совершается переход от одного уравнения к другому.

3. Решив задачу в общем виде, подставьте в рабочую формулу вместо обозначений величин соответствующие наименования единиц и, проведя с ними арифметические операции, проверьте, совпадают ли наименования единиц в левой и правой частях полученного уравнения. Это один из признаков правильности решения.

Пример. ЭДС, индуцируемая в проводнике при его движении в магнитном поле, получена в виде $\mathcal{E} = B \cdot v \cdot l$, где \mathcal{E} – ЭДС, В; B – магнитная индукция, Тл; v – скорость, м/с; l – длина проводника, м.

$$[\mathcal{E}] = \text{Тл} \cdot (\text{м/с}) \cdot \text{м} = \text{Тл} \cdot \text{м}^2/\text{с} = \{ \text{Н}/(\text{А} \cdot \text{м}) \} \cdot (\text{м}^2/\text{с}) = \text{Н} \cdot \text{м}/(\text{А} \cdot \text{с}) = \text{Дж/Кл} = \text{В}.$$

5. Сделайте вычисления, подставив в формулу числовые значения

заданных величин в СИ. Руководствуйтесь правилами приближённых вычислений (прил. 1). Если в тексте задачи не приводятся физические постоянные, воспользуйтесь таблицами в конце книги (прил. 8 – 12) или в рекомендуемой литературе⁶. В последнем случае укажите источник, откуда взяты табличные данные.

Числовые значения величин рекомендуется записывать вместе с их единицами. Однако в случаях, когда все именованные числа выражены в единицах одной системы и с ними выполняется длинный ряд арифметических действий по громоздкой формуле, тогда числа можно не сопровождать единицами. Но по окончании вычислений наименование искомой величины выписывается ещё раз вместе с числовым значением и соответствующей единицей величины. Например,

$$\Delta J = \sqrt{(0,063 \cdot 10^{-3})^2 + (0,021 \cdot 10^{-3})^2 + (0,131 \cdot 10^{-3})^2} = 0,146 \cdot 10^{-3} ;$$

$$\Delta J = 0,146 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

7. Избегайте записи чисел с большим количеством нулей; пользуйтесь представлением числа со степенью десяти. Для быстрой оценки числового значения искомой величины и для удобства работы с калькулятором рекомендуется записывать значения исходных данных в нормализованном виде; при этом целая часть числа содержит один разряд, а справа записывается порядковый множитель (целая степень десяти). Так, например, вместо числа 0,00012 удобнее производить вычисления с числом $1,2 \cdot 10^{-4}$, а вместо числа 2820, когда в нём все цифры значащие, можно записать $2,820 \cdot 10^3$.

Напомним действия с числами степени десяти:

$$10^a \cdot 10^b = 10^{a+b}; \quad \frac{10^a}{10^b} = 10^{a-b}; \quad (10^a)^b = 10^{ab}; \quad \sqrt[b]{10^a} = 10^{a/b}.$$

8. Округлите числовое значение искомой величины в соответствии с количеством значащих цифр в исходных данных. В промежуточных вычислениях оставляйте на одну – две цифры больше.

9. Оцените реальность полученной функциональной зависимости и числового значения искомой величины. Запишите полный ответ на вопрос, поставленный в задаче.

Варианты 26 – 30 могут быть предложены в качестве СРС для желающих, так как они включают задачи повышенной трудности. Тот, кто справляется с ними, вправе рассчитывать на более высокую оценку, чем та, что установлена за решение задач других вариантов.

Вместо одной-двух задач преподаватель может в исключительных случаях предложить выполнить реферат или другую исследовательскую работу на тему, близкую к той, что изучается по программе.

⁶ См. аннотированный указатель литературы (с. 138). Нумерация рекомендованных источников в указателе сопровождается звёздочкой «*» в отличие от библиографического списка в конце пособия.

4.3. Обработка результатов измерений

(Методические указания к заданию 1)

Задание 1 состоит в следующем: *определить погрешности измерительных приборов, используя их заданные метрологические характеристики; провести статистическую обработку результатов многократных прямых измерений, найти случайные погрешности и вычислить абсолютные погрешности прямых измерений; вывести формулу для расчёта погрешности косвенного измерения и вычислить значение этой погрешности; записать результат измерения в стандартном виде:*

$$A = \langle A \rangle \pm \Delta A; P = 0,95, \quad (1)$$

где $\langle A \rangle$ – среднее значение величины A ; ΔA – абсолютная погрешность этой величины; P – доверительная вероятность.

Точное значение измеряемой величины определить невозможно даже путем многократных измерений. Однако путём статистической обработки экспериментальных данных можно рассчитать интервал, в котором находится с некоторой вероятностью ($P < 1$) значение этой величины.

Результат многократных измерений длины, представленный в виде (1), например $\ell = (15,3 \pm 0,4)$ мм; $P = 0,95$, означает, что значение величины ℓ находится в интервале от 14,9 до 15,7 мм с вероятностью $P = 0,95$, т. е. 95 % измерений этой величины дадут значения, попадающие в указанный интервал.

Пусть результат косвенного измерения величины y является функцией $y = f(a, b, c, \dots)$, где величины a, b, c, \dots получены путём прямых многократных измерений при неизменных условиях.

Алгоритм нахождения доверительного интервала (1) следующий.

1. Найти средние арифметические значения результатов прямых измерений $\langle a \rangle, \langle b \rangle, \langle c \rangle, \dots$

$$\langle a \rangle = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}{n}, \quad (2)$$

где n – число измерений величины a ,

и среднее значение результата косвенного измерения

$$\langle y \rangle = f(\langle a \rangle, \langle b \rangle, \langle c \rangle, \dots).$$

2. Вычислить случайные погрешности $\Delta_a, \Delta_b, \Delta_c, \dots$ по формуле

$$\Delta_a = t_{P,n} \cdot \sqrt{\frac{\Delta a_1^2 + \Delta a_2^2 + \dots + \Delta a_n^2}{n(n-1)}}, P = 0,95, \quad (3)$$

где $t_{P,n}$ — коэффициент Стьюдента, который можно найти по табл. 2

в соответствии с выбранной доверительной вероятностью $P = 0,95$ и числом измерений n величины a .

Разности $\Delta a_1 = |\langle a \rangle - a_1|$; $\Delta a_2 = |\langle a \rangle - a_2|$; ... $\Delta a_n = |\langle a \rangle - a_n|$ представляют собой абсолютные погрешности отдельных измерений.

Таблица 2

Значения коэффициентов⁷ Стьюдента при $P = 0,95$

| n | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 10 | ∞ |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| $t_{0,95; n}$ | 4,303 | 3,182 | 2,766 | 2,571 | 2,447 | 2,262 | 1,960 |

3. Оценить систематические погрешности $\theta_a, \theta_b, \theta_c, \dots$ (погрешности средств измерений) по формулам вида

$$\theta_a = \frac{K \cdot (a_{\max} - a_{\min})}{100}, \quad (4)$$

где K – класс точности; a_{\max} и a_{\min} – верхний и нижний пределы измерений данного прибора.

Если прибор имеет симметричную шкалу с нулём посередине, то следуя (4), получаем

$$\theta_a = \frac{K \cdot (2 a_{\max})}{100}.$$

При измерении прибором с неизвестным классом точности систематическая погрешность принимается равной цене деления (с вероятностью $P = 0,95$).

4. Вычислить абсолютные погрешности $\Delta a, \Delta b, \Delta c, \dots$ прямых многократных измерений. Абсолютная погрешность Δa представляет собой геометрическую сумму случайной Δa и систематической θ_a составляющих

$$\Delta a = \sqrt{(\Delta a)^2 + (\theta_a)^2}, \quad P = 0,95. \quad (5)$$

5. Найти относительные погрешности $\delta_a, \delta_b, \delta_c, \dots$

$$\delta_a = \frac{\Delta a}{a}. \quad (6)$$

6. Записать результаты каждого из прямых измерений в виде (1)

$$a = \langle a \rangle \pm \Delta a; P = 0,95.$$

Результат измерения представляет собой доверительный интервал, в котором находится действительное значение измеренной величины с заданной доверительной вероятностью ($P = 0,95$).

⁷ Полная таблица коэффициентов Стьюдента приводится в прил. 7.

Абсолютную погрешность Δa округляют до двух значащих цифр, если первая значащая цифра 1 или 2, а когда первая цифра 3, 4, ... 9, то до одной значащей цифры.

Среднее значение $\langle a \rangle$ округляют так, чтобы последние цифры в числовых значениях $\langle a \rangle$ и Δa находились в одном разряде.

Примеры: $m = (224,7 \pm 1,4) \cdot 10^{-3}$ кг; $P = 0,95$;

$l = (43,20 \pm 0,03)$ мм; $P = 0,95$.

7. Рассчитать абсолютную погрешность Δy косвенного измерения одним из двух методов.

7.1. Дифференцирование натурального логарифма функции $y = f(a, b, c, \dots)$.

Первым методом сначала определяем относительную погрешность

$$\delta_y = \sqrt{\left(\frac{\partial(\ln y)}{\partial a} \Delta a\right)^2 + \left(\frac{\partial(\ln y)}{\partial b} \Delta b\right)^2 + \left(\frac{\partial(\ln y)}{\partial c} \Delta c\right)^2 + \dots} \quad (7)$$

а затем абсолютную

$$\Delta y = \delta_y \cdot \langle y \rangle \quad (8)$$

7.2. Непосредственное дифференцирование функции $y = f(a, b, c, \dots)$

Используя второй метод, непосредственно вычисляем абсолютную погрешность

$$\Delta y = \sqrt{\left(\frac{\partial y}{\partial a} \Delta a\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial b} \Delta b\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial c} \Delta c\right)^2 + \dots} \quad (9)$$

Погрешности величин, представленных в (7–9) табличными значениями, принимаются равными половине единицы наименьшего разряда числа.

Пример: $\pi = 3,14$; $\Delta\pi = 0,005$.

8. Результат представить в виде $y = \langle y \rangle \pm \Delta y$; $P = 0,95$.

Числовые значения $\langle y \rangle$ и Δy окончательного результата выразить в единицах СИ.

В текстах задания 1 в скобках рядом с названиями приборов указаны их метрологические характеристики. Для электроизмерительных приборов приводятся предел измерения и класс точности, например (0,5 А; 1,0). Для остальных — только цена деления, например (0,05 мм/дел).

В табл. 3 приведены результаты применения формул (7 – 9) к некоторым простым функциям. Основные формулы дифференцирования можно найти в прил. 3.

Основные формулы погрешностей при косвенных измерениях

| Функция | Абсолютная погрешность | Относительная погрешность |
|---------------------------|---|---|
| $y = a + b + c$ | $\Delta y = \sqrt{\Delta a^2 + \Delta b^2 + \Delta c^2}$ | $\delta_y = \frac{\sqrt{\Delta a^2 + \Delta b^2 + \Delta c^2}}{a + b + c}$ |
| $y = a - b$ | $\Delta y = \sqrt{\Delta a^2 + \Delta b^2}$ | $\delta_y = \frac{\sqrt{\Delta a^2 + \Delta b^2}}{a - b}$ |
| $y = \sin a$ | $\Delta y = \cos a \cdot \Delta a$ | $\delta_y = \operatorname{ctg} a \cdot \Delta a$ |
| $y = \cos a$ | $\Delta y = \sin a \cdot \Delta a$ | $\delta_y = \operatorname{tg} a \cdot \Delta a$ |
| $y = \operatorname{tg} a$ | $\Delta y = \frac{1}{\cos^2 a} \cdot \Delta a$ | $\delta_y = \frac{2}{\sin 2a} \cdot \Delta a$ |
| $y = \frac{a}{(a-b)}$ | $\Delta y = y^2 \sqrt{\left(\frac{b}{a^2} \Delta a\right)^2 + \left(\frac{\Delta b}{a}\right)^2}$ | $\delta_y = y \sqrt{\left(\frac{b}{a^2} \Delta a\right)^2 + \left(\frac{\Delta b}{a}\right)^2}$ |
| $y = \ln a$ | $\Delta y = \frac{\Delta a}{a}$ | $\delta_y = \frac{1}{y} \cdot \frac{\Delta a}{a}$ |
| $y = \frac{a}{b}$ | $\Delta y = \sqrt{\left(\frac{\Delta a}{b}\right)^2 + \left(\frac{a}{b^2} \Delta b\right)^2}$ | $\delta_y = \sqrt{\left(\frac{\Delta a}{a}\right)^2 + \left(\frac{\Delta b}{b}\right)^2}$ |
| $y = a^m \cdot b^n$ | $\Delta y = y \sqrt{\left(m \frac{\Delta a}{a}\right)^2 + \left(n \frac{\Delta b}{b}\right)^2}$ | $\delta_y = \sqrt{\left(m \frac{\Delta a}{a}\right)^2 + \left(n \frac{\Delta b}{b}\right)^2}$ |

Контрольные вопросы к заданию 1

1. Что значит измерить физическую величину?
2. Опишите порядок действий при вычислении случайной погрешности по результатам многократных измерений.
3. Что такое доверительная вероятность? доверительный интервал? Что означает запись: «Температура газа в начальном состоянии равна $T = (470 \pm 5) \text{ К}$; $P = 0,95$ »?
4. Расстояние от Земли до Луны измерено с погрешностью $\pm 0,2 \text{ м}$, а длина письменного стола – с погрешностью $\pm 2 \text{ мм}$. Точность какого измерения выше?
5. Сравните точности измерений двух разнородных величин: массы тела и его объёма, результаты которых представлены в виде
 $m = (0,120 \pm 0,005) \text{ кг}$; $P = 0,95$;
 $V = (207 \pm 4) \text{ см}^3$; $P = 0,95$.
6. Как определяют погрешность измерительного прибора по классу точности?

7. Как вычислить погрешность косвенного измерения: а) методом непосредственного дифференцирования функции; б) методом дифференцирования натурального логарифма функции?

8. Что такое значащие цифры? Каковы правила записи результатов арифметических действий с двумя приближёнными числами с учётом количества значащих цифр?

9. Сколько значащих цифр следует оставлять в значении погрешности и как соответственно округлять среднее значение измеренной величины при записи доверительного интервала?

4.4. Применение закона Ома (Методические указания к заданию 7)

Источник тока характеризуется его электродвижущей силой \mathcal{E} (ЭДС) и внутренним сопротивлением r . По определению ЭДС равна отношению работы сторонних сил, действующих внутри источника в течение некоторого времени, к заряду, перенесённому за это же время:

$$\mathcal{E} = \frac{A_{cm}}{q}. \quad (10)$$

В отличие от кулоновских сил, которые действуют во всей электрической цепи, сторонние силы действуют только внутри источника. При протекании тока через источник они действуют против кулоновских сил в случаях: а) когда этот источник в данной цепи единственный; б) когда источников несколько, но ток внутри источника идёт от положительного полюса источника к отрицательному (от “+” к “-”). Когда же ток идёт от “-” к “+” внутри источника, то сторонние силы и кулоновские совпадают по направлению. Из этих соображений определяется знак ЭДС источника \mathcal{E} в выражении обобщённого закона Ома⁸

$$I = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2) + \mathcal{E}_{1-2}}{R_{1-2}}, \quad (11)$$

где $\varphi_1 - \varphi_2$ – разность потенциалов на концах участка цепи между точками 1 и 2 (рис. 1); \mathcal{E}_{1-2} – алгебраическая сумма всех ЭДС (с учётом знака!) на участке 1 – 2; R_{1-2} – арифметическая сумма всех сопротивлений на участке.

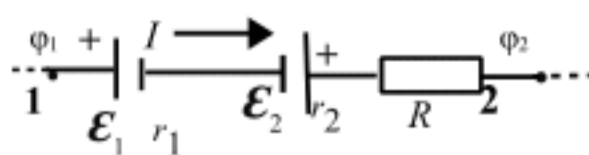


Рис. 1

Обобщённый закон Ома можно получить, рассматривая энергетические превращения на участке цепи, где действуют и сторонние, и кулоновские силы.

⁸ Выражение (12) называют также законом Ома для неоднородного участка цепи.

Если при протекании электрического тока не совершается механическая работа, то из соображений сохранения энергии можно составить уравнение

$$A_{\text{ст}} + A_{\text{эл}} = Q, \quad (12)$$

где $A_{\text{ст}} = \mathcal{E} \cdot q$, что следует из определения (10);

$A_{\text{эл}} = (\varphi_1 - \varphi_2)q$, где $\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A_{\text{эл}}}{q}$ (по определению);

$q = It$; $Q = I^2 R t$ (по закону Джоуля – Ленца).

Тогда на основании (12) получим уравнение

$$\mathcal{E}_{1-2}q + (\varphi_1 - \varphi_2)q = IR_{1-2}q,$$

из которого следует выражение (11) обобщённого закона Ома.

Разность потенциалов на концах неоднородного участка цепи рассчитывается по формуле, полученной из выражения (11) закона Ома

$$\varphi_1 - \varphi_2 = IR_{1-2} - \mathcal{E}_{1-2}. \quad (13)$$

Величину, равную произведению силы тока на сопротивление участка цепи, IR_{1-2} для краткости называют *напряжением* на участке (падением напряжения) $U_{1-2} = IR_{1-2}$. Однако, в отличие от разности потенциалов, это неизмеримая величина. Разность потенциалов, $\varphi_1 - \varphi_2$, всегда можно измерить вольтметром, подключив его к концам участка (к точкам 1 и 2). Только в частном случае, когда на участке нет источников тока ($\mathcal{E}_{1-2} = 0$), тогда $\varphi_1 - \varphi_2 = IR_{1-2} = U_{1-2}$. В любом случае, когда речь идёт об “измерении *напряжения*” на участке цепи постоянного тока, следует понимать, что измеряется при этом *разность потенциалов* на концах участка.

Пример 1. Найти разность потенциалов на концах участка электрической цепи (см. рис. 1). Исходные данные: $\mathcal{E}_1 = 6,0$ В; $\mathcal{E}_2 = 12,0$ В, $I = 5,0$ А; $r_1 = 1,0$ Ом; $r_2 = 2,0$ Ом; $R = 12$ Ом;

Решение. Согласно уравнению (11) получим

$$I = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2) + \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2}{r_1 + r_2 + R}; \quad (\varphi_1 - \varphi_2) = Ir_1 + Ir_2 + IR - (\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2).$$

При определении знака величины \mathcal{E} на участке цепи, содержащем один или несколько источников тока, следует обходить цепь от выбранной начальной точки к конечной *по направлению тока*. При переходе вдоль направления тока от “+” к “-” первого источника имеем $\mathcal{E}_1 < 0$ в данном случае. Для второго источника $\mathcal{E}_2 > 0$, так как переход вдоль тока происходит от “-” к “+” (сторонние силы действуют в том же направлении, что и кулоновские). *Знаки алгебраических величин учитываем одновременно с подстановкой числовых значений.*

Тогда искомая разность потенциалов на концах участка в нашем

примере равна

$$\varphi_1 - \varphi_2 = 51 + 52 + 512 - (-6 + 12) = 75 - (6) = 75 - 6 = 69;$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = 69 \text{ В.}$$

Пример 2. Два аккумулятора с ЭДС $\mathcal{E}_1 = 6 \text{ В}$ и $\mathcal{E}_2 = 12 \text{ В}$ соединены одноимёнными полюсами (рис. 2). Внутренние сопротивления источников $r_1 = 1 \text{ Ом}$ и $r_2 = 2 \text{ Ом}$. Найти разности потенциалов $\varphi_A - \varphi_B$ и $\varphi_B - \varphi_A$.

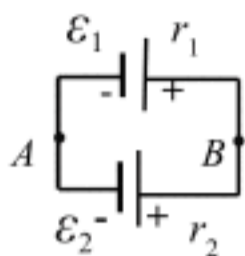


Рис. 2

Решение. Предположим, что в данной цепи ток идёт по часовой стрелке. Для нахождения силы тока запишем закон Ома для замкнутой ($\varphi_1 - \varphi_2 = 0$) неразветвлённой цепи

$$I = \frac{\sum_{i=1}^M \mathcal{E}_i}{\sum_{k=1}^N R_k}, \quad (14)$$

где M – число источников тока в рассматриваемой цепи с ЭДС \mathcal{E}_i ; N – число участков цепи, сопротивления каждого из которых R_k .

$$I = \frac{\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2}{r_1 + r_2}; \quad I = \frac{6 + (-12)}{2 + 1}. \quad I = -2 \text{ А.}$$

Значение силы тока получилось отрицательным, следовательно, предположение о направлении тока не оправдалось. Ток направлен против часовой стрелки, и это не удивительно, так как $\mathcal{E}_2 > \mathcal{E}_1$.

Для нахождения искомым разностей потенциалов применим обобщённый закон Ома сначала к участку $A\mathcal{E}_2B$ (нижнему на рис. 2):

$$\varphi_A - \varphi_B = Ir_2 - \mathcal{E}_2,$$

затем к участку $B\mathcal{E}_1A$ (верхнему): $\varphi_B - \varphi_A = Ir_1 - \mathcal{E}_1$.

Обход участка, как ранее было условлено, проводим вдоль направления тока (против часовой стрелки в данном случае).

Разность потенциалов на участке AB равна $\varphi_A - \varphi_B = (2 \cdot 2 - 12) \text{ В}$; на участке BA $\varphi_B - \varphi_A = [2 \cdot 1 - (-6)] \text{ В}$.

Таким образом, $\varphi_A - \varphi_B = -8 \text{ В}$, но $\varphi_B - \varphi_A = 8 \text{ В}$. Как и следовало ожидать, расчёты показывают: $|\varphi_A - \varphi_B| = |\varphi_B - \varphi_A|$.

Пример 3. Аккумулятор с ЭДС, равной 12 В , заряжается током 8 А . Вольтметр, присоединённый к полюсам источника тока, показывает 20 В (рис. 3). Определить внутреннее сопротивление аккумулятора.

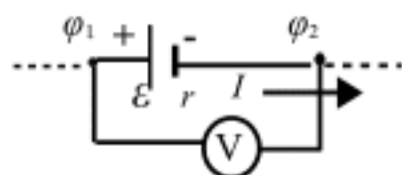


Рис. 3

Решение. По закону Ома для данного участка цепи запишем уравнение

$$I = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2) + \mathcal{E}}{r}.$$

Учитывая направление зарядного тока и знаки полюсов источника (см. рис. 3), получим в данном случае $r = [20 + (-12)]/8$; $r = 1 \text{ Ом}$.

Пример 4. Определить сопротивление резистора R (рис. 4) по показаниям амперметра I_A и вольтметра U_V с использованием характеристик приборов: R_V (сопротивление вольтметра) и R_A (сопротивление амперметра).

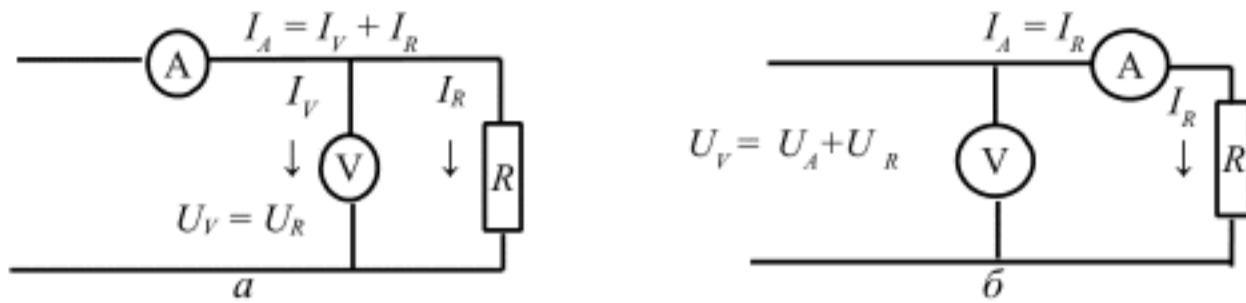


Рис. 4

Решение. Показания измерительных приборов дают измеренное значение сопротивления

$$R_{\text{изм}} = \frac{U_V}{I_A},$$

тогда как действительное значение сопротивления R представляет собой отношение

$$R = \frac{U_R}{I_R},$$

где U_R – напряжение на резисторе R ; I_R – сила тока через резистор.

Значение $R_{\text{изм}}$ может быть как больше, так и меньше R . Так при соединении приборов по схеме, изображённой на рис. 4, *а*, погрешность возникает из-за утечки тока через вольтметр. В этом случае $I_A = I_R + I_V$, т. е. $I_A > I_R$, но $U_V = U_R$, и вследствие этого $R_{\text{изм}} < R$.

При соединении приборов по другой схеме (рис. 4, *б*) получим $R_{\text{изм}} > R$, так как $U_V = U_R + U_A$, т. е. $U_V > U_R$, но $I_A = I_R$.

Если учесть сопротивление вольтметра (см. рис. 4, *а*), то получим действительное сопротивление

$$R = \frac{U_R}{I_R} = \frac{U_V}{I_A - I_V} = \frac{U_V}{I_A - U_V/R_V}.$$

С учётом сопротивления амперметра (см. рис. 4, *б*) искомая величина R получается равной

$$R = \frac{U_R}{I_R} = \frac{U_V - U_A}{I_A} = \frac{U_V - I_A \cdot R_A}{I_A}.$$

Когда величина R мала ($R \ll R_V$), используется схема *а* (см. рис. 4), а при измерении больших сопротивлений, когда величина R сравнима с сопротивлением вольтметра R_V , – схема *б*.

**4.5. Масса, импульс, энергия в теории относительности,
квантовой теории и физике атомного ядра
(Методические указания к заданиям 2, 17 – 20)**

Связь между полной энергией E и массой m релятивистской частицы (частицы, движущейся со скоростью v , близкой к скорости света в вакууме c) выражается формулой

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} . \quad (15)$$

Импульс релятивистской частицы $p = \frac{mv}{\sqrt{1-v^2/c^2}} . \quad (16)$

Полная энергия E и импульс p релятивистской частицы связаны уравнением

$$E^2 = E_0^2 + p^2c^2, \quad (17)$$

где $E_0 = mc^2$ – энергия покоя частицы; m – масса (постоянная величина для данной частицы).

Кинетическая энергия релятивистской частицы определяется как разность полной энергии и энергии покоя

$$K = E - E_0 . \quad (18)$$

Из релятивистского соотношения (17) между энергией и импульсом, $E^2 = p^2c^2 + m^2c^4$, следует связь между кинетической энергией K и импульсом частицы

$$p^2c^2 = E^2 - m^2c^4; \iff p^2c^2 = (E - mc^2)(E + mc^2).$$

Тогда, учитывая (18), получим из уравнения (17)

$$p^2c^2 = K(K + 2mc^2)$$

импульс релятивистской частицы

$$p = \frac{1}{c} \sqrt{K(K + 2E_0)} . \quad (19)$$

В природе существуют частицы (фотон, нейтрино), масса которых равна нулю. Импульс и энергия таких частиц связаны уравнением

$$p = E/c ,$$

что следует из уравнения (17).

Применяя для полной энергии E формулу (17) и для энергии покоя формулу $E_0 = mc^2$, получим кинетическую энергию частицы, движущейся со скоростью v ,

$$K = E_0 \cdot \left[\frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} - 1 \right] . \quad (20)$$

При малых скоростях ($v \ll c$; $p \ll mc$) связь полной энергии с импульсом частицы (с учётом энергии покоя) имеет вид

$$E = mc^2 + \frac{p^2}{2m} , \quad (21)$$

где $p = mv$ – импульс; $\frac{p^2}{2m} = \frac{mv^2}{2} = K$ – кинетическая энергия.

Для решения задач ядерной физики (задание 20) в большинстве случаев достаточно таблиц, имеющихся в прил. 8–12.

В расчётах энергии связи $E_{св} = \Delta m \cdot c^2$ и энергетического эффекта ядерных реакций $Q = \Delta m \cdot c^2$ рекомендуется выражать дефект массы Δm в атомных единицах массы (а.е.м.). Атомная единица массы равна 1/12 массы атома изотопа углерода C-12. В единицах СИ 1 а.е.м. составляет $1,66053873 \cdot 10^{-27}$ кг. Соответствующая ей энергия $E = m \cdot c^2$ равна $1,49241778 \cdot 10^{-10}$ Дж = 931,494013 МэВ.⁹ Таким образом, если воспользоваться внесистемными единицами массы (а.е.м.) и энергии (МэВ), то квадрат скорости света в вакууме, представляющий собой коэффициент пропорциональности между энергией и массой в формуле $E = m \cdot c^2$, равен $c^2 = 931,4940$ МэВ/а.е.м. Тогда для практических расчётов энергии связи получаем простую формулу

$$E_{св} = 931,4940 \cdot \Delta m, \quad (22)$$

где Δm – дефект массы, а.е.м.; $E_{св}$ – энергия связи, МэВ.

В решениях задач по квантовой механике (задание 19) следует использовать соотношения неопределённостей в виде

$$\Delta p_x \cdot \Delta x \geq \hbar/2 \quad \text{и} \quad \Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar/2, \quad (23)$$

$$\text{или} \quad \Delta p_x \cdot \Delta x \geq \frac{h}{4\pi} \quad \text{и} \quad \Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{h}{4\pi} .$$

где $\hbar = \frac{h}{2\pi}$, h – постоянная Планка; $h = 6,626$ Дж·с; $\hbar = 1,055$ Дж·с.

9 1 электронвольт — энергия, которую приобретает электрон (или другая частица с зарядом, равным по модулю заряду электрона) в результате ускорения под воздействием электрического поля с разностью потенциалов 1 В между начальной и конечной точками.

10 В литературе встречаются и другие варианты записи правой части соотношения неопределённостей. Они различаются только множителем при постоянной Планка.

4.6. Термодинамический цикл.
КПД теплового двигателя
(Методические указания к заданию 23^о)

Исходные данные: диаграмма с изображением прямого термодинамического цикла, состоящего из нескольких (обычно четырёх) изопараметрических процессов. Все необходимые для расчётов параметры газа указаны на диаграмме. Варианты циклов приводятся в п. 4.8 (с. 133).

Содержание задания: а) определить КПД теплового двигателя, работающего по заданному циклу; подтвердить расчётами для данного цикла теорему Карно о том, что КПД цикла Карно наибольший по сравнению с КПД циклов, состоящих из других процессов, но проходящих между теми же температурами максимальной T_1 и минимальной T_2 ; б) проверить, совпадает ли значение полного количества теплоты в цикле со значением работы заданного цикла, то есть выполняется ли равенство $A_{\text{цикла}} = Q_{\text{цикла}}$; в) убедиться в том, что суммарное изменение внутренней энергии в цикле равно нулю, $\Delta U_{\text{цикла}} = 0$.

Краткая теория

Термодинамическим процессом называют процесс изменения состояния термодинамической системы (например, газа). Состояние системы характеризуется следующими параметрами: давлением p , объёмом V , температурой T , энтропией S .

Круговым процессом, или циклом, называют совокупность термодинамических процессов, в результате которых система возвращается в исходное состояние. Термодинамическая система, совершающая круговой процесс и обменивающаяся энергией с другими телами, называется рабочим веществом (рабочим телом). На диаграмме в координатах $p - V$, $p - T$ и других цикл изображается замкнутой кривой. Круговые процессы лежат в основе действия тепловых машин.

Круговой процесс, предлагаемый к изучению, составлен из нескольких изопараметрических процессов (изопроецессов) в идеальном газе. В каждом из изопроецессов один из параметров (p , V , T или S) остаётся постоянным в ходе изменения состояния газа. Изменение состояния вызывается подведением к газу (или отведением от него) количества теплоты Q , совершением работы A силой давления газа. Вследствие этого изменяется внутренняя энергия газа U .

Внутренняя энергия идеального газа представляет собой кинетическую энергию хаотического движения молекул. Энергия одной молекулы складывается из энергии поступательного движения и, если молекулы не одноатомные, энергии вращательного движения и энергии колебательного движения. Вычисляя значения внутренней энергии газа в предложенном цикле, можно пренебречь колебательными степенями свободы, так как температуры газа достаточно малы, и колебания атомов в молекуле не возбуждаются.

Изменение внутренней энергии, $\Delta U_{1-2} = U_2 - U_1$, не зависит от процесса, посредством которого происходит переход из состояния 1 в состояние 2, а только от начального и конечного состояний. Поэтому внутреннюю энергию называют функцией состояния (а не процесса!). Отсюда следует, что изменение внутренней энергии в круговом процессе равно нулю, $\Delta U_{\text{цикла}} = 0$, так как начальное и конечное состояния совпадают: $U_2 = U_1$.

Количество теплоты Q_{1-2} и работа сил давления газа A_{1-2} не являются функциями состояния, так как значения той и другой величин неодинаковы при переходе из состояния 1 в состояние 2 различными путями. Поэтому говорят, что работа газа и количество теплоты – функции процесса.

Связь величин A , Q и ΔU устанавливается первым законом термодинамики, который представляет собой выражение закона сохранения и превращения энергии в применении к термодинамическим процессам

$$Q = \Delta U + A, \text{ или } \delta Q = dU + \delta A, \quad (24)$$

где δQ – бесконечно малое количество теплоты;

$$dU = \frac{i}{2} R \cdot \nu \cdot dT \text{ – приращение внутренней энергии;}$$

ν – количество вещества; dT – приращение температуры;

i – число степеней свободы молекулы газа;

R – молярная газовая постоянная;

$\nu = m/M$; m – масса газа; M – молярная масса;

$\delta A = p \cdot dV$ – бесконечно малая работа сил давления газа, обусловленная приращением его объёма dV .

Работа сил давления газа рассчитывается по формулам:

в изотермическом процессе ($T = \text{const}$)

$$A = \nu \cdot R \cdot T \cdot \ln(V_2 / V_1), \text{ или } A = \nu \cdot R \cdot T \cdot \ln(p_1 / p_2); \quad (25)$$

в изобарном процессе ($p = \text{const}$)

$$A = p \cdot \Delta V, \text{ или } A = \nu \cdot R \cdot \Delta T; \quad (26)$$

в адиабатном процессе ($Q = 0$ и $S = \text{const}$), где S – энтропия,

$$A = -\Delta U, \text{ или } A = \frac{i}{2} R \cdot \nu \cdot (T_1 - T_2). \quad (27)$$

Изменение внутренней энергии рассчитывается одинаково для всех процессов:

$$\Delta U = \frac{i}{2} R \cdot \nu \cdot \Delta T, \quad (28)$$

где $i = 3$ для одноатомных молекул газа, $i = 5$ для двухатомных молекул, и если молекула газа состоит из трёх и более атомов, тогда $i = 6$. Предполагается, что температуры газа таковы, что колебательные степени свободы не возбуждаются и температурные изменения не приводят к изменению ни состава газа, ни числа степеней свободы молекул, ни количества газа во всех процессах, то есть $i = \text{const}$ и $\nu = \text{const}$.

Количество теплоты Q , изменение внутренней энергии ΔU и работа A – скалярные величины; их знаки определяются следующим образом. Если $\Delta V > 0$ (объём увеличивается), то $A > 0$; если температура возрастает ($\Delta T > 0$), то $\Delta U > 0$.

Знак величины Q в настоящей работе определяется в соответствии с первым законом термодинамики ($Q = \Delta U + A$) знаком алгебраической суммы $\Delta U + A$. Если получившееся значение Q для данного процесса положительно, то теплота подводится ($Q_{\text{подв}} > 0$) в этом процессе. В противном случае теплота отводится ($Q_{\text{отв}} < 0$).

Изучение термодинамических циклов позволяет понять общие закономерности работы двигателей внутреннего сгорания (ДВС), газовых турбин, ракетных двигателей, холодильных установок, кондиционеров, тепловых насосов.

Практическое значение имеют как *прямые*, так и *обратные* круговые процессы. *Прямой* цикл реализуется в тепловых двигателях для превращения тепловой энергии в механическую. *Обратные* круговые процессы имеют место в холодильниках, кондиционерах, тепловых насосах. На диаграммах в координатах $p - V$ и $p - T$ процессы в *прямом* цикле протекают по ходу часовой стрелки.

Коэффициентом полезного действия (КПД) теплового двигателя называют отношение механической работы, совершённой рабочим телом в ходе одного цикла, к количеству подведённой при этом теплоты

$$\eta = \frac{A_{\text{цикла}}}{Q_{\text{подв}}}, \quad (29)$$

где $A_{\text{цикла}}$ – суммарная работа сил давления газа во всех процессах цикла; $Q_{\text{подв}}$ – сумма количеств теплоты в тех процессах, где теплота подводится.

Полную механическую работу, совершённую рабочим телом в ходе цикла, можно определить не только как сумму работ во всех процессах цикла, но и как сумму всех количеств теплоты с учётом знака

$$A_{\text{цикла}} = |Q_{\text{подв}}| - |Q_{\text{отв}}|. \quad (30)$$

Выполнение задания

1. Произвести отсчёты начальных и конечных параметров газа для каждого из термодинамических процессов заданного цикла по шкалам диаграммы. Недостающий параметр найти из уравнения состояния $pV = \nu RT$. Результаты занести в табл. 4.

Таблица 4

Параметры начальных и конечных состояний рабочего вещества

| | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>c</i> | <i>d</i> |
|------------------|----------|----------|----------|----------|
| $V, \text{ м}^3$ | | | | |
| $T, \text{ К}$ | | | | |
| $p, \text{ Па}$ | | | | |

2. Построить три диаграммы в координатах $p - V$, $p - T$, $V - T$ (одну из них — исходную — следует воспроизвести) в соответствии с заданными значениями параметров газа.

3. На одной из диаграмм показать стрелками (рис. 5) процессы, в которых теплота подводится (стрелка Q_{ab} направлена внутрь цикла), и процессы, в которых теплота отводится (стрелка Q_{bc} направлена наружу).

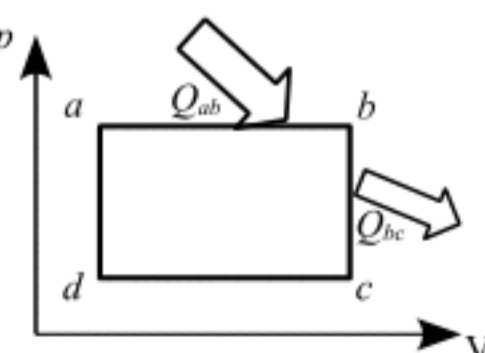


Рис. 5

4. Рассчитать работу A сил давления газа, изменение внутренней энергии ΔU и количество теплоты Q для каждого из процессов (с учётом знака!). Результаты занести в табл. 5.

5. Вычислить работу цикла как алгебраическую сумму работ газа в каждом из процессов

$$A_{\text{цикла}} = A_{ab} + A_{bc} + A_{cd} + A_{da}. \quad (31)$$

6. Вычислить количество подведённой теплоты в ходе всего цикла $Q_{\text{подв}}$ как сумму количеств теплоты в тех процессах, где теплота подводится.

7. Рассчитать КПД теплового двигателя, работающего по заданному циклу, $\eta = A_{\text{цикла}} / Q_{\text{подв}}$.

8. Найти алгебраическую сумму изменений внутренней энергии в ходе цикла $\Delta U_{\text{цикла}}$ и проверить равенство $\Delta U_{\text{цикла}} = 0$.

9. Вычислить сумму количеств теплоты по всем процессам цикла с учётом знака и проверить равенство $A_{\text{цикла}} = Q_{\text{цикла}}$, т. е. совпадают ли значения полного количества теплоты и работы цикла.

Таблица 5
Энергетические параметры процессов

| Процессы | A , Дж | ΔU , Дж | Q , Дж |
|----------|----------|-----------------|----------|
| ab | | | |
| bc | | | |
| cd | | | |
| da | | | |

$$Q_{\text{подв}} = \dots \text{ Дж};$$

$$A_{\text{цикла}} = \dots \text{ Дж};$$

$$\Delta U_{\text{цикла}} = \dots \text{ Дж}.$$

$$Q_{\text{цикла}} = \dots \text{ Дж}.$$

$$T_{\text{max}} = T_1 = \dots \text{ К}$$

$$T_{\text{min}} = T_2 = \dots \text{ К}$$

$$\eta = \dots \quad \eta_c = \dots$$

10. Рассчитать КПД идеальной тепловой машины (машины, работающей по циклу Карно), принимая температуру нагревателя T_1 , равной максимальной температуре газа в заданном цикле, а температуру охладителя T_2 , равной минимальной температуре газа в исходном цикле, $\eta_c = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$. Сравнить полученные значения η_c и η .

Контрольные вопросы к заданию 23[□]

1. Какой физический смысл имеют равенства:

$$A_{\text{цикла}} = Q_{\text{цикла}} \text{ и } \Delta U_{\text{цикла}} = 0?$$

2. Сформулируйте первый закон термодинамики в применении к каждому из процессов изученного цикла и запишите соответствующее уравнение.

3. Запишите выражения для молярных теплоёмкостей газа и уравнения взаимосвязи переменных параметров (p, V, T) в каждом из процессов цикла.

4.7. Варианты индивидуальных заданий

Вариант 1

1. Найти напряжённость электрического поля $E = U/d$ по результатам многократных измерений разности потенциалов U вольтметром (150; 1,0) и расстояния d между точками поля штангенциркулем (0,1 мм/дел):

U , В 137 135 136 135; d , мм 1,84 1,83 1,85 1,82.

2. Материальная точка движется прямолинейно со скоростью, изменяющейся по закону $\vec{v} = (1,0t^2)\vec{i}$, где v – скорость, м/с; t – время, с. Найти зависимость ускорения от времени. Вычислить путь, пройденный точкой за первые 10,0 с движения и среднее значение скорости в интервале от 5,0 до 10,0 с. [0,29 км, 59 м/с]

3. Ведро с водой массой 10 кг поднимают с помощью вёрота, диаметр вала которого 36 см. Когда вёрот отпустили, ведро стало падать с ускорением $5,4 \text{ м/с}^2$. Найти момент инерции вёрота. [0,27 кг·м²]

4. Груз небольших линейных размеров свободно падает с высоты 10 см на край однородного диска, вращающегося с частотой 0,16 об/с, и неупруго сталкивается с ним. Масса диска 3,0 кг, его радиус 30 см, масса груза 102 г. На сколько изменится механическая энергия системы? [0,11 Дж]

5. Две концентрические проводящие сферы радиусами 6,0 и 10,0 см несут соответственно заряды 1 и $-0,5$ нКл. Найти напряжённости поля в точках, отстоящих от центра сфер на расстояниях: 5,0; 9,0; 15 см. [0; 1 кВ/м; 0,2 кВ/м]

6. Сколько энергии электрического поля преобразовано в теплоту при соединении конденсаторов $C_1 = 2 \text{ мкФ}$ и $C_2 = 0,5 \text{ мкФ}$ одноимённо заряженными обкладками. Конденсаторы были предварительно заряжены до напряжений $U_1 = 100$ и $U_2 = 50$ В и отключены от источника. [0,5 мДж]

7. Мост постоянного тока (рис. 6) уравновешен (гальванометр на участке BD показывает отсутствие тока). Потенциал точки A равен 12 В; $R_0 = 4$ Ом, $R_1 = 3$ Ом, $R_2 = 6$ Ом. Точка C заземлена. Определить неизвестное сопротивление R_x и потенциал точки D .

[2 Ом; 4 В]

8. Электрон, ускоренный в электрическом поле до энергии 300 эВ, движется параллельно

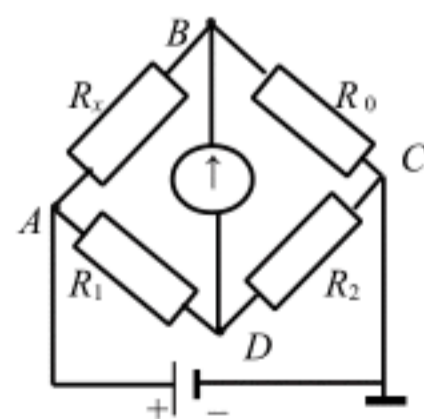


Рис. 6

проводнику на расстоянии 4 мм от него. Какая сила будет действовать на электрон, если по проводнику пропустить ток 5 А? [4·10⁻¹⁶ Н]

9. Замкнутый контур сопротивлением 1 Ом деформируется в однородном магнитном поле, индукция которого 0,01 Тл. Плоскость контура при этом остаётся перпендикулярной вектору магнитной индукции, а площадь контура равномерно уменьшается от 10 до 2 см² в течение 2 с. Определить силу индукционного тока в контуре.

[4 мкА]

10. Движение материальной точки происходит согласно закону $x = 0,20 \cdot \cos(\pi t + \pi/2)$, где x – координата точки, м; t – время движения, с. Найти период колебаний и максимальное ускорение точки.

[2 с; 2,0 м/с²]

11. Горизонтальная платформа совершает колебания в горизонтальной плоскости с амплитудой A . При какой максимальной частоте колебаний груз, положенный на платформу, ещё не будет проскальзывать? Коэффициент трения равен μ . [$v = \sqrt{(\mu g / A) / (2\pi)}$]

12. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью 25 мГн и конденсатора ёмкостью 10 мкФ. Амплитуда силы тока в контуре уменьшилась в e раз за 23 полных колебания. Определить сопротивление контура.

[0,69 Ом]

13. Труба длиной 1,0 м открыта с одного конца. Принимая скорость звука в воздухе равной 340 м/с, определить, при какой наименьшей частоте колебаний в трубе возникает стоячая звуковая волна.

[85 Гц]

14. Определить частоту УКВ-радиопередатчика, работающего на длине волны 3,0 см. Какой будет длина волны и частота колебаний, если волны от этого передатчика будут распространяться не в вакууме, а в среде, где скорость распространения электромагнитных волн равна 1,5·10⁸ м/с?

[1,5 см; 10 ГГц]

15. В опыте Юнга расстояние между щелями равно 1,0 мм, а расстояние от щелей до экрана – 3,0 м. Монохроматический свет с длиной волны 500 нм падает нормально. Рассчитать положение первой светлой полосы относительно центрального максимума.

[±1,5 мм]

16. Луч зелёного света ($\lambda = 535$ нм) падает на дифракционную решётку. Один из главных максимумов наблюдается под углом дифракции 35°. Наибольший порядок максимума равен пяти. Найти период решётки.

[2,8 мкм]

17. Максимальный заряд, приобретаемый металлическим шаром под воздействием излучения с длиной волны $\lambda = 410$ нм, достигает значения $Q_m = 2,3$ пКл. Работа выхода электрона из металла равна $A_{\text{вых}} = 1,8$ эВ. Определить радиус шара. [2,3 см]

18. Модель абсолютно чёрного тела изготовлена в виде полости с малым отверстием радиуса 5,0 мм. Внутри полости расположен электрический нагреватель мощностью 100 Вт. Десятая часть мощности нагревателя рассеивается в окружающую среду через стенки полости. Найти температуру, установившуюся внутри полости. [2,1 кК]

19. На фотографии, полученной с помощью камеры Вильсона, ширина следа электрона составляет 1,0 мм, а протона 2,0 мм. Оценить неопределённости в определении скоростей электрона и протона. [58 мм/с; 0,016 мм/с]

20. В водородной бомбе в качестве взрывчатки используется дейтерид лития (LiD). При взрыве происходят реакции: ${}_3^6Li (n, \alpha) {}_1^3H$ и ${}_1^3H (d, n) {}_2^4He$. Рассчитать суммарный энергетический эффект этих реакций. [(4,8 + 17,6) МэВ]

21. Сосуд с газообразным азотом при температуре 288 К, движущийся со скоростью 100 м/с, резко тормозится. Какова средняя квадратичная скорость поступательного движения молекул в сосуде до и после остановки? [507 и 512 м/с]

22. Эффективные диаметры молекул углекислого газа и азота одинаковы. Во сколько раз отличаются коэффициенты динамической вязкости этих газов при одинаковых температурах и давлениях? [1,25]

23. Получен неизвестный газ с плотностью $\rho = 1,43$ кг/м³ при нормальных условиях. Определить удельные теплоёмкости c_V и c_P этого газа. [649 и 909 Дж/(кг·К)]

24. Вода вытекает через отверстие диаметром 8,0 мм в дне цилиндрического сосуда диаметром 40 см. Высота уровня воды в сосуде 50 см. Определить скорость вытекающей жидкости, её объёмный расход и скорость понижения уровня. [3,1 м/с; 0,16 л/с; 1,3 мм/с]

25. Определить энергию, которая освобождается при слиянии мелких водяных капель радиуса 5 мкм в одну большую каплю радиуса 1,05 мм. Поверхностное натяжение воды 73 мН/м. [0,2 мДж]

Вариант 2

1. Вычислить ускорение падающего груза $a = 2h/t^2$. Высота h , с которой падает тело, измерена линейкой (1 мм/дел). Время падения t измерено секундомером (0,2 с/дел):

h , см 87,4 87,5 87,3; t , с 7,8 8,0 7,8 7,6 7,8.

2. Мотоцикл разгоняется за 4 с до 209 км/ч. Скорость возрастает по закону $v = k\sqrt{t}$. Какое расстояние преодолевается за время разгона?

3. Найти ускорение центра тяжести тонкостенной трубы, скатывающейся без скольжения вниз по наклонной плоскости. Плоскость образует с горизонтом угол α . $[a = \frac{1}{2} g \cdot \sin \alpha]$

4. Проволока выдерживает нагрузку до 300 кг. На ней подвесили груз 150 кг. На какой наибольший угол можно отклонить проволоку с грузом, чтобы она не разорвалась при возвращении в положение равновесия? $[\pi/3 \text{ рад}]$

5. Потенциал электрического поля внутри плоского конденсатора, одна из обкладок которого заземлена, изменяется по закону $\varphi = 0,20 - 40x$, где φ – потенциал, кВ; x – расстояние от незаземлённой обкладки, м. Определить разность потенциалов обкладок и напряжённость поля внутри конденсатора и расстояние между обкладками. $[0,20 \text{ кВ}; 40 \text{ кВ/м}; 5,0 \text{ мм}]$

6. Напряжение на обкладках плоского конденсатора, находящихся на расстоянии 4 мм друг от друга, равно 10 В. К одной из обкладок прилегают пластинка из стекла ($\epsilon_1 = 7,0$) толщиной 1,0 мм и пластинка из фарфора ($\epsilon_2 = 5,0$) толщиной 2 мм. Найти напряжённости электрического поля в стекле и в фарфоре. $[0,93 \text{ кВ/м}; 1,3 \text{ кВ/м}]$

7. Плотность электрического тока в медном ($\rho = 17 \text{ нОм}\cdot\text{м}$) проводнике равна 10 А/мм^2 . Определить объёмную плотность тепловой мощности при протекании тока. $[1,7 \text{ Вт/см}^3]$

8. В однородном магнитном поле перпендикулярно линиям индукции расположен плоский контур площадью 100 см^2 . Поддерживая силу тока в контуре постоянной и равной 50 А, его переместили в область пространства, где поле отсутствует. Работа, совершённая при перемещении контура, равна 0,4 Дж. Определить магнитную индукцию поля. $[0,8 \text{ Тл}]$

11 Производится фирмой Neander Motorcycles (Германия).

9. Контур в форме кольца радиусом 10 см находится в магнитном поле, изменяющемся по закону $H = 600t$, где H — напряжённость поля, А/м; t — время, с. Угол между вектором \vec{H} и нормалью к плоскости контура равен нулю. Определить ЭДС индукции в контуре. [24 мкВ]

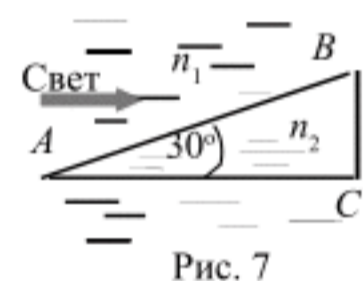
10. Определить максимальную кинетическую энергию материальной точки массой 2,0 г, совершающую гармонические колебания с амплитудой 4,0 см и частотой 5,0 Гц. [1,6 мДж]

11. Если увеличить на 0,6 кг массу груза, подвешенного к спиральной пружине, то период колебаний груза возрастает в 2 раза. Определить первоначальную массу груза. [0,2 кг]

12. Колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью 48 мкФ, катушки индуктивностью 24 мГн. Активное сопротивление контура равно 20 Ом. Определить частоту свободных электромагнитных колебаний в контуре. На сколько изменится результат вычислений, если пренебречь активным сопротивлением? [132 Гц; 16 Гц]

13. Найти мощность точечного источника звука, если на расстоянии 25 м от него интенсивность звука равна 20 мВт/м^2 . Какова средняя объёмная плотность энергии на этом расстоянии? Звук распространяется при нормальных условиях. [0,16 кВт; 59 мкДж/м^3]

14. Естественный свет падает на алмазную призму ($n_2 = 2,4$) параллельно её нижней грани (рис. 7). Угол A равен 30° . Преломлённый луч максимально поляризован, когда призма погружена в среду с показателем n_1 . Найти значение n_1 .



[1,5]

15. На тонкую плёнку с показателем преломления 1,33 падает под углом 52° параллельный пучок белого света. При какой толщине плёнки отражённый свет будет наиболее сильно окрашен в жёлтый цвет ($\lambda = 0,60 \text{ мкм}$)? [0,14 (2k + 1) мкм, где $k = 0, 1, 2, \dots$]

16. На щель шириной 0,10 мм падает нормально монохроматический свет с длиной волны 600 нм. Дифракционная картина наблюдается на экране, расположенном на расстоянии 1,0 м. Определить расстояние между двумя первыми дифракционными минимумами, расположенными по обе стороны от центрального максимума.

[12 мм]

17. Электроны, вырываемые из металла под действием света с частотой $\nu_1 = 2,2 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$, полностью задерживаются электрическим полем, пройдя между точками с разностью потенциалов $U_1 = 6,6 \text{ В}$, а вырываемые светом с частотой $\nu_2 = 4,6 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$ — разностью потен-

циалов $U_2 = 16,5$ В. Зная заряд электрона (прил. 8), определить значение постоянной Планка по приведённым экспериментальным данным и сравнить с табличным. Какова работа выхода электрона из металла, с которым проводился эксперимент? $[A_{\text{в}} = 2,5 \text{ эВ}]$

18. Определить температуру тела, при которой оно при температуре окружающей среды 27°C излучало бы энергии в 10 раз больше, чем поглощало. $[533 \text{ К}]$

19. Вычислить полную энергию E , орбитальный момент импульса L и магнитный момент p_m электрона, находящегося в $2p$ состоянии в атоме водорода.

$$[E = -3,4 \text{ эВ}; L = 1,5 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}; p_m = 1,3 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/Тл}]$$

20. Известно, что в 1 г живой клетчатки (например, дерева) содержится $7,5 \cdot 10^{10}$ атомов радиоактивного углерода $C-14$. Вычислить начальную удельную активность дерева. Построить график $N(t)$ зависимости содержания радиоактивных ядер от времени в интервале от 0 до 2000 лет через каждые 500 лет, начиная с момента гибели организма (дерева). $[0,29 \text{ кБк}]$

21. Температура воздуха в комнате после включения электронагревателя повысилась от 17 до 27°C при неизменном давлении. Определить, как и на сколько процентов изменилась концентрация молекул? $[3,3 \text{ \%}]$

22. Ниже какого давления можно говорить о вакууме между стенками сосуда Дьюара, если расстояние между стенками данного сосуда равно $8,0$ мм, а температура 17°C . Эффективный диаметр молекул воздуха принять равным $0,27$ нм. $[1,5 \text{ Па}]$

23. В закрытом сосуде находится смесь азота массой 56 г и кислорода массой 64 г. Определить изменение внутренней энергии и энтропии смеси при охлаждении 600 до 300 К.

$$[-25 \text{ кДж}; 0,12 \text{ кДж/К}]$$

24. В горизонтально расположенном цилиндре с небольшим отверстием в торце находится жидкость плотности ρ , закрытая поршнем. Объём жидкости равен V , площадь отверстия S значительно меньше площади поршня. Какую работу нужно совершить, чтобы воздействуя постоянной силой на поршень, выдавить всю жидкость за время t ? Вязкостью жидкости и трением можно пренебречь. $[A = \rho V^3 / (2S^2 t^2)]$

25. Определить массу 50 капель касторового масла, прошедших через капельницу с диаметром отверстия $1,5$ мм. Поверхностное натя-

жение масла 35 мН/м, плотность 0,80 г/см³. На сколько диаметр капли больше диаметра отверстия капельницы? [0,84 г; 1,9 мм]

Вариант 3

1. Вычислить интенсивность $I = I_0 \cdot \cos^2 \varphi$, где $I_0 = 1,40$ Вт/м², по результатам многократных измерений угла φ с помощью гониометра (0,2 град/дел): φ , град 30,8 31,0 30,6 30,4 30,6.

2. Движение частицы в плоскости X0Y описывается уравнением $\vec{v} = 4 \cdot \vec{i} + 4t \cdot \vec{j}$, где v — скорость, м/с; t — время, с; \vec{i} , \vec{j} — орты осей X, Y; начало отсчёта выбрано в точке (0, 0). Найти уравнение траектории частицы. [$y = \frac{1}{8}x^2$]

3. Маховик начинает вращаться с постоянным угловым ускорением 0,40 рад/с². Через 10 с после начала движения его момент импульса увеличился до 60 кг·м²/с. Определить кинетическую энергию маховика через 25 с после начала движения. [0,75 кДж]

4. Тонкий стержень длиной 2,7 м может вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через конец стержня, перпендикулярно ему. Стержень отклонили на 90° от положения равновесия и отпустили. Определить скорость нижнего конца стержня в момент прохождения положения равновесия. [9 м/с]

5. Четыре одинаковых точечных заряда по 10 нКл расположены в вершинах куба на одной грани. Длина ребра куба 10 см. Заряды находятся в среде с диэлектрической проницаемостью 2,2. Определить напряжённость электростатического поля в центре грани куба напротив той, где находятся заряды. [9,4 кВ/м]

6. Последовательно соединённые конденсаторы, ёмкости которых $C_1 = 400$ пФ и $C_2 = 500$ пФ, заряжены от источника постоянного тока напряжением 220 В. Затем батарею отключили от сети, конденсаторы разъединили и соединили параллельно обкладками, имеющими одноимённые заряды. Каким будет напряжение на зажимах полученной батареи? [109 В]

7. Ток в проводнике сопротивлением 700 Ом возрастает линейно в течение 2 с (рис. 8). Рассчитать количество теплоты, выделившееся в проводнике за указанное время. [0,7 Дж]

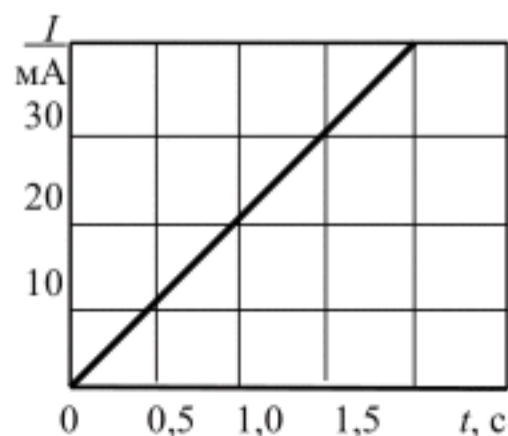


Рис. 8

8. Определить скорость (модуль и направление) положительно заряженной частицы, при которой эта частица движется под действием электрического ($E = 200 \text{ В/см}$) и магнитного ($B = 1,0 \text{ мТл}$) полей, не отклоняясь от прямолинейной траектории. Силовые линии электрического и магнитного полей взаимно перпендикулярны.

[20 Мм/с]

9. Рамка площадью 200 см^2 равномерно вращается, совершая 10 об/с относительно оси, лежащей в плоскости рамки. Линии индукции однородного магнитного поля ($B = 200 \text{ мТл}$) перпендикулярны оси вращения. Каково среднее значение ЭДС индукции за время, в течение которого магнитный поток, пронизывающий рамку, изменится от нуля до максимального значения?

[0,16 В]

10. Два гармонических колебания описаны уравнениями $x = \cos \pi t$ и $y = \cos(\pi/2)t$, где x и y – смещения, см; t – время, с. Найти уравнение траектории $y(x)$ точки, участвующей одновременно в этих взаимно перпендикулярных колебаниях и построить график $y(x)$.

[$y = \sqrt{x+1}/\sqrt{2}$]

11. Тонкий однородный стержень длиной 60 см может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, отстоящей на расстоянии 15 см от его середины. Определить период малых колебаний стержня.

[1,2 с]

12. За какое время колебательный контур ёмкостью $C = 1,1 \text{ нФ}$ и индуктивностью $L = 5,0 \text{ мГн}$ потеряет 99% начальной энергии? Логарифмический декремент затухания равен $0,005$.

[6,8 мс]

13. Уравнение бегущей плоской волны в упругой среде имеет вид: $\xi = 60 \cos(1800t - 5,3x)$, где ξ – смещение частиц среды, мкм; t – время, с; x – расстояние по оси, вдоль которой распространяется волна, м. Найти скорость волны и отношение амплитуды смещения частиц среды к длине волны.

[340 м/с; $5 \cdot 10^{-5}$]

14. Предельный угол полного отражения для пучка света на границе некоторого вещества с воздухом равен 45° . Определите угол Брюстера при падении света из воздуха на поверхность этого вещества.

[55°]

15. Расстояние между двумя щелями в опыте Юнга равно $0,5 \text{ мм}$. Щели освещаются монохроматическим светом с длиной волны $0,6 \text{ мкм}$. Ширина интерференционных полос равна $1,2 \text{ мм}$. Определить расстояние от щелей до экрана.

[1 м]

16. Свет, содержащий две спектральные линии одинаковой интенсивности с длинами волн $\lambda_1 = 600,00 \text{ нм}$ и $\lambda_2 = 600,05 \text{ нм}$, падает

нормально на дифракционную решётку шириной 10,0 мм. Период решётки $d = 4$ мкм. Найти угол дифракции, под которым эти линии окажутся на пределе разрешения. [46°]

17. Электрон в однократно ионизованном атоме гелия находится в основном состоянии. Какая наименьшая энергия потребуется для полного отрыва этого электрона от атома? [54,4 эВ]

18. Вольфрамовая нить лампы накаливания нагревается до температуры 2,9 кК. Почти вся подводимая электрическая энергия преобразуется в энергию излучения. Однако около 74 % энергии излучается в невидимой инфракрасной области и только 12 % превращается в видимый свет ($0,4 < \lambda < 0,8$ мкм). Найти длину волны, на которую приходится максимум распределения энергии в спектре лампы, и показать на диаграмме в координатах «спектральная плотность энергетической светимости r_λ – длина волны λ » приблизительный ход кривой $r_\lambda(\lambda)$. [1 мкм]

19. На узкую щель шириной 1,0 мкм направлен параллельный пучок электронов со скоростью 3,65 Мм/с. Учитывая волновые свойства электронов, определить ширину центрального максимума и расстояние между максимумами первого порядка в дифракционной картине, полученной на экране, отстоящем на 10 см от щели. [40 и 60 мкм]

20. В урановой руде отношение числа ядер $U-238$ к числу ядер $Pb-206$ равно 2,8. Оценить возраст руды, считая, что весь свинец является конечным продуктом распада уранового ряда. [2,0 млрд лет]

21. Среднее расстояние между молекулами воздуха при нормальных условиях составляет 3,3 нм. Проверьте указанное значение, используя уравнение состояния идеального газа.

22. Какое количество теплоты ежечасно теряется сквозь двойную парниковую раму за счет теплопроводности воздуха, заключенного между полиэтиленовыми пленками? Площадь каждой пленки 4 м², расстояние между рамами 15 см. Температура в парнике равна 18 °С, снаружи – минус 2,0 °С. Температуру воздуха между рамами считать равной среднему значению температур в парнике и в окружающей среде. Молярная масса воздуха 0,029 кг/моль; диаметр молекулы 0,28 нм. [29 кДж]

23. В баллоне, закрытом поршнем, находится газ массой 1,00 кг, содержащий молекулы одной химической структуры. Чтобы поднять температуру этого газа от 0 до 1 °С, при постоянном давлении требуется подвести 909,5 Дж тепла, а при постоянном объёме – 649,3 Дж.

Сколько атомов содержит молекула этого газа? Какова его химическая формула? [O₂]

24. Скорость истечения жидкости и её расход (в кг/с) можно измерить с помощью так называемой трубки Вентури, представляющей из себя отрезок трубки с сужением посередине и датчиками давления жидкости в широкой и узкой частях трубки p_1 и p_2 . Зная сечения трубки S_1 и S_2 , разность давлений $p_1 - p_2$ и плотность жидкости ρ , найти скорость потока в сечении S_1 и расход жидкости.

$$\left[v_1 = S_2 \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho(S_1^2 - S_2^2)}} \right] ; \left[\frac{m}{t} = S_1 S_2 \sqrt{2\rho(p_1 - p_2)/(S_1^2 - S_2^2)} \right]$$

25. Если при строительстве дома не сделать гидроизоляцию между кирпичной кладкой и фундаментом, то происходит подъём грунтовой воды за счёт пористости (капиллярности) кирпича. На какую высоту поднимется вода, если считать, что поры имеют цилиндрическую форму среднего диаметра 60 мкм, а вода полностью смачивает кирпич. [50 см]

Вариант 4

1. Напряжение U на потребителе электрической энергии многократно измерено вольтметром (300; 0,5):

$$U, \text{ В} \quad 222 \quad 220 \quad 218 \quad 220.$$

Вычислить потребляемую мощность $P = U^2/R$, где R – результат измерения сопротивления: $R = (100 \pm 10)$ Ом, $P = 0,95$.

2. Материальная точка массой 100 г начинает двигаться под действием переменной силы $F = 3t^2$, где F – сила, Н; t – время, с. Найти работу данной силы в интервале времени от 0 до 2 с.

$$[0,3 \text{ кДж}]$$

3. Действуя моментом силы $M = 20$ Н·м, колесо раскручивают из состояния покоя до частоты $\nu = 3,0 \cdot 10^3$ оборотов в минуту. Момент инерции колеса $J = 0,5$ кг·м². Найти работу по разгону колеса и время разгона.

$$[25 \text{ кДж}; 8 \text{ с}]$$

4. В деревянный кубик массой 1,0 кг, находящийся в покое на горизонтальной поверхности, ударяется стальной шарик массой 10 г, летевший горизонтально со скоростью 100 м/с. Какой путь после неупругого удара пройдет кубик до остановки, если коэффициент трения равен 0,20? Как изменится результат, если удар будет упругим? [0,25 м]

5. Четыре одинаковых точечных заряда по 10 нКл находятся в вершинах куба на одной грани. Найти плотность энергии электростатического поля в центре противоположной грани. Площадь грани равна 100 см^2 . Заряды находятся в керосине ($\epsilon = 2,0$). [0,78 мДж/м³]

6. Плоский конденсатор состоит из двух круглых пластин радиусом 20 см каждая, расстояние между пластинами 5,0 мм. Конденсатор присоединили к источнику напряжения 3,0 кВ. Определить заряд и напряжённость поля конденсатора, если между пластинами в качестве диэлектрика будет находиться: а) воздух ($\epsilon_1 = 1$); б) стекло ($\epsilon_2 = 7$).

[0,66 мкКл; 4,7 мкКл; 0,6 МВ/м]

7. Аккумулятор заряжают током $I = 8 \text{ А}$ от источника напряжением $U = 20 \text{ В}$. При этом 40 % энергии расходуется на нагревание электролита. Определить ЭДС аккумулятора и его внутреннее сопротивление. [12 В; 1 Ом]

8. Бесконечно длинный прямой провод согнут под прямым углом. По проводу течёт ток силой 100 А. Вычислить магнитную индукцию в точках, лежащих на биссектрисе угла и удалённых от вершины угла на 100 см. [480 мкТл; 83,0 мкТл]

9. Квадратная проволочная рамка со стороной 5,0 см и сопротивлением 10 мОм находится в однородном магнитном поле 40 мТл. Нормаль к плоскости рамки составляет угол 30° с линиями магнитной индукции. Какой электрический заряд пройдет по рамке, если индукция магнитного поля обратится в нуль. [8,7 мКл]

10. Материальная точка совершает колебания согласно уравнению $x = 5 \sin 2t$, где x – смещение, см; t – время, с. Найти момент времени (ближайший к началу отсчёта), в который потенциальная энергия точки равна 0,1 мДж, а возвращающая сила равна 5 мН. Определить фазу колебаний в этот момент времени. [0,5 с; 0,9 рад]

11. Пружина жёсткостью 900 Н/м с прикрепленным к ней шаром массой 4,0 кг лежит на гладком столе. Другой конец пружины жёстко закреплён на столе. Определить амплитуду и период колебаний шара после того, как в нём застрянет пуля массой 10 г, летевшая горизонтально со скоростью 600 м/с. [10 см; 0,42 с]

12. Колебательный контур содержит катушку с общим числом витков 100, индуктивностью 10 мкГн и конденсатор ёмкостью 1,0 нФ. Максимальное напряжение на обкладках конденсатора равно 300 В. Определить максимальный магнитный поток, пронизывающий катушку. [0,30 мкВб]

13. На расстоянии 20 м от точечного источника звука уровень интенсивности равен 30 дБ. Пренебрегая затуханием, найти: а) уровень интенсивности на расстоянии 10 м от источника; б) расстояние от источника, на котором звук не слышен. [36 дБ; 0,63 км]

14. При переходе луча света из первой среды во вторую предельный угол оказался равным 61° . Под каким углом на границу раздела этих сред должен падать луч, идущий из второй среды в первую, чтобы отраженный луч был полностью поляризован? [49°]

15. На установке для наблюдения колец Ньютона в отражённом свете был измерен радиус третьего тёмного кольца. Когда пространство между плоскопараллельной пластинкой и линзой заполнили жидкостью, то такой же радиус стало иметь кольцо с номером, на единицу бóльшим. Определить показатель преломления жидкости. [1,33]

16. На щель шириной 0,1 мм падает нормально монохроматический свет с длиной волны 0,5 мкм. Дифракционная картина наблюдается на экране, расположенном параллельно щели. Ширина центрального дифракционного максимума равна 1 см. Определить расстояние от щели до экрана. [1 м]

17. Определить максимальную скорость электронов, вылетающих из металла под действием γ -излучения с длиной волны 3,00 пм. [250 км/с]

18. Определить силу тока, протекающего по вольфрамовой проволоке диаметром 0,8 мм, температура которой в вакууме поддерживается равной 2800°C . Поглощательная способность поверхности $a = 0,343$; удельное сопротивление вольфрама при данной температуре $0,92 \text{ мкОм}\cdot\text{м}$; температура окружающей среды 17°C . [0,05 кА]

19. На грань кристалла никеля падает параллельный пучок электронов. Кристалл поворачивают так, что угол скольжения изменяется. Когда этот угол становится равным 64° , наблюдается максимальное отражение электронов, соответствующее дифракционному максимуму первого порядка. Полагая расстояние между атомными плоскостями кристалла равным 0,20 нм, определить длину волны де Бройля и скорость электронов. [0,36 нм; 2,0 Мм/с]

20. Поглощается или освобождается энергия в реакции синтеза ядер лития и водорода: ${}^6_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + \dots$? Найти энергетический эффект данной реакции. [4,0 МэВ]

21. Определить средний квадрат скорости поступательного движения взвешенных в воздухе капелек воды радиусом 10 нм при температуре 17 °С. [2,9 м²/с²]

22. Рассчитать среднюю длину свободного пробега молекул азота и коэффициент диффузии при температуре 17 °С и давлении 100 кПа. Как изменятся эти величины после двукратного увеличения объёма при постоянном давлении? Эффективный диаметр молекул 0,37 нм. [66 нм; 1,03·10⁻⁵ м²·с; в 2 раза; в 2^{3/2} раз]

23. Определить молярную теплоёмкость при постоянном объёме и показатель адиабаты для смеси газов, содержащей гелий массой 8,0 г и водород массой 2,0 г. [1,6]

24. Шприц, расположенный горизонтально, заполнен жидкостью плотности ρ . На поршень шприца площадью S_1 действует сила F . Площадь выходного отверстия равна S_2 . Ход поршня L . Найти время вытекания жидкости, считая её скорость на выходе из шприца постоянной.

$$[t^2 = \frac{(L^2 \rho S_1 (S_1/S_2 - 1))}{2F}]$$

25. Если платиновую проволоку диаметром 1 мм смазать жиром, чтобы она полностью не смачивалась водой, то будет ли она плавать на поверхности воды? [Нет]

Вариант 5

1. Сопротивление потребителя тока $R = 55$ Ом задано с погрешностью $\pm 15\%$. Вычислить потребляемую мощность $P = I^2 R$ по результатам многократных измерений силы тока амперметром (10 А; 1,0): $I, \text{ А}$ 7,7 7,6 7,8 7,9 7,7.

2. Шайба брошена вдоль наклонной плоскости. Скорость скольжения шайбы изменяется, как показано на рис. 9. Найти угол наклона плоскости к горизонту. Изобразить график зависимости $v_x(t)$, где v_x – проекция вектора скорости на ось, направленную вверх вдоль наклонной плоскости, t – время движения.

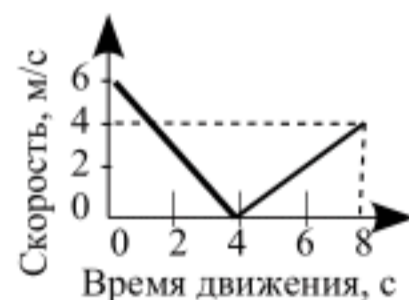


Рис. 9

[7°]

3. К ободу колеса, имеющего форму сплошного диска радиусом 50 см и массой 50 кг, приложена касательная сила 100 Н. Найти угловое ускорение колеса и время его разгона до угловой скорости, соответствующей 100 оборотам в секунду. [8,0 рад/с²; 78 с]

4. Однородный стержень длиной 1,0 м и массой 0,7 кг подвешен на горизонтальной оси, проходящей через верхний конец стержня. В точку, отстоящую от оси на $2/3$ длины стержня, абсолютно неупруго ударяет пуля массой 5 г, летящая перпендикулярно стержню и его оси. После удара стержень отклонился на 90° . Определить скорость пули. [0,4 км/с]

5. Электростатическое поле создано прямым бесконечным цилиндром радиусом 1 см, равномерно заряженным с поверхностной плотностью $0,2$ нКл/см². Определить силу, действующую на точечный заряд 25 нКл, находящийся на расстоянии 10 см от оси цилиндра. [0,6 мН]

6. К одной из обкладок плоского конденсатора прилегает стеклянная плоскопараллельная пластинка ($\epsilon = 7$) толщиной 9 мм. После того как конденсатор отключили от источника напряжения 220 В и вынули стеклянную пластинку, между обкладками установилась разность потенциалов 976 В. Определить зазор между обкладками и отношение конечной и начальной энергий электрического поля конденсатора. [1 см; 4]

7. Автомобильный стартер, питаемый от аккумуляторной батареи с ЭДС, равной 12,5 В, потребляет ток силой 300 А. Напряжение на батарее понижается при этом до 11,6 В. Определить сопротивление батареи и силу тока короткого замыкания. [3 мОм; 4,17 кА]

8. Плоская рамка размером 10×10 см², образованная проводником с током 10 А, расположена в магнитном поле ($B = 0,40$ Тл) так, что плоскость рамки перпендикулярна линиям индукции поля. Рамку поворачивают относительно оси, лежащей в плоскости рамки. Сила тока поддерживается постоянной. Найти работу, совершаемую при повороте рамки на 45° . [12 мДж]

9. В однородном магнитном поле с индукцией 0,4 Тл вращается проводящий стержень длиной 10 см. Ось вращения проходит через один из концов стержня параллельно линиям индукции и перпендикулярно стержню. Определить разность потенциалов на концах стержня при частоте вращения 16 об/с. [0,2 В]

10. Амплитуда гармонических колебаний материальной точки равна 5 см, угловая частота -2 с⁻¹, начальная фаза равна нулю. Определить ускорение точки в момент времени, когда её скорость равна 8 см/с. [0,1 м/с²]

11. Найти зависимость смещения от времени и записать уравнение $x = f(t)$ для колебаний, которые характеризуются следую-

щими параметрами: коэффициент затухания $1,6 \text{ с}^{-1}$, логарифмический декремент затухания $1/4$, начальная амплитуда $2,72 \text{ см}$. Изобразить графически зависимость амплитуды от времени в интервале от 0 до τ , где τ – время релаксации.

12. Найти законы изменения напряжения на конденсаторе $u(t)$ и силы тока $i(t)$ в колебательном контуре, состоящем из катушки индуктивностью $0,10 \text{ Гн}$ и конденсатора емкостью $39,5 \text{ мкФ}$. В начальный момент заряд конденсатора максимален и составляет $Q_m = 3,0 \text{ мкКл}$. Активное сопротивление катушки пренебрежимо мало.

$$[u = 76\cos(160\pi t); i = 1,5\cos(160\pi t + \pi/2),$$

где u – напряжение, мВ; i – сила тока, мА; t – время, с]

13. Найти число возможных собственных колебаний столба воздуха в трубе, частоты которых меньше 600 Гц . Длина трубы 850 мм ; труба открыта с одного конца. Скорость звука 340 м/с . Каковы частоты этих колебаний? [3 колебания; 100; 300; 500 Гц]

14. На двоякопреломляющий кристалл падает свет перпендикулярно его оптической оси. Длина волны в воздухе составляет $\lambda_0 = 530 \text{ нм}$. После преломления длины волн обыкновенного и необыкновенного лучей оказываются неравными и составляют $\lambda_o = 344 \text{ нм}$ и $\lambda_e = 341 \text{ нм}$. Найти показатели преломления стекла. [1,54; 1,55]

15. На стеклянный клин ($n = 1,5$) нормально падает монохроматический свет. Угол клина равен $4'$. Какова длина световой волны, если расстояние между двумя соседними интерференционными максимумами в отражённом свете равно $0,2 \text{ мм}$? [0,7 мкм]

16. На дифракционную решетку шириной 15 мм , содержащую 3000 штрихов, падает нормально монохроматический свет с длиной волны 550 нм . Определить: число наблюдаемых максимумов в дифракционном спектре; угол, соответствующий последнему максимуму. [19; 82°]

17. Рубидий, цезий и натрий облучаются светом красно-оранжевой линии спектра ртути ($\lambda = 623 \text{ нм}$). Работы выхода электрона из этих металлов равны $1,53$, $1,87$ и $2,49 \text{ эВ}$ соответственно. Оценить возможности наблюдения фотоэффекта при этих условиях и определить максимальные скорости фотоэлектронов.

$$[406 \text{ км/с}; 214 \text{ км/с}]$$

18. Оценить поток излучения с поверхности чёрного тела площадью $S = 1 \text{ м}^2$ в узком интервале длин волн $\Delta\lambda = 5 \text{ нм}$ вблизи

максимума спектральной плотности энергетической светимости при температуре тела $T = 2500$ К. [6 кВт/м²]

19. Найти длину волны де Бройля для электрона, обладающего кинетической энергией: а) 100 эВ; б) 3,0 МэВ. [0,12 нм; 0,062 нм]

20. Записать схему β^- -распада изотопа I-131. Найти активность нуклида йод-131 массой 1,0 г. Сравнить с активностью 1 г радия-226 ($A = 1$ Ки). [4,6·10¹⁵ Бк]

21. Определить наиболее вероятную скорость молекул газа плотностью 0,35 кг/м³ при давлении 40 кПа. [0,48 км/с]

22. Значение коэффициента диффузии кислорода в воздухе $1,8 \cdot 10^{-5}$ м²·с получено опытным путём при температуре 20 °С и давлении 760 мм рт.ст. Оценить по этим данным эффективный диаметр молекулы кислорода. [0,3 нм]

23. Каково давление углекислого газа, занимающего объём 1,0 л, если его внутренняя энергия равна 300 Дж? Как изменятся давление и внутренняя энергия при изотермическом расширении данного газа до объёма 2,0 л? [0,10 МПа; уменьшится в 2 раза; не изменится]

24. В дне сосуда имеется отверстие сечением S_1 . В сосуд наливается вода до уровня h и этот уровень поддерживается постоянным. Определить площадь поперечного сечения струи, вытекающей из дна сосуда на расстоянии $3h$ от него. Считать, что струя не разбрызгивается. [$S_2 = 0,5S_1$]

25. Найти давление в воздушном пузырьке диаметром 10 мкм, находящемся на глубине 20 см под поверхностью воды. Атмосферное давление равно 101,7 кПа. [0,13 МПа]

Вариант 6

1. Вычислить электрическое сопротивление проводника длиной ℓ и площадью поперечного сечения S по формуле $R = \rho\ell/S$, где удельное сопротивление $\rho = 18$ нОм·м, по результатам многократных измерений длины проводника линейкой (1 мм/дел) и его диаметра d микрометром (0,01 мм/дел):

ℓ , мм 120 122 124 121 122; d , мм 0,30 0,29 0,31 0,30.

2. Груз 1200 кг, поднятый на стальном тросе сечением 1 см² и длиной 2 м, раскачался под действием ветра. Возникнет ли опасность разрыва троса, если скорость груза при прохождении им положения равновесия достигнет 2 м/с. Предел прочности стали при растяжении составляет 0,8 ГПа. [$\sigma_{max} < \sigma_{пр}$]

3. Маховик в виде диска массы $m = 10$ кг и радиуса $R = 30$ см приводится во вращательное движение с помощью лёгкого шкива радиуса $r = 15$ см. К шкиву по касательной к его поверхности приложена постоянная сила $F = 100$ Н. Через сколько времени t после начала вращения маховик достигнет угловой скорости $\omega = 100$ рад·с⁻¹?

$$[t = \omega R^2 m / (2Fr) = 3 \text{ с}]$$

4. На скамье Жуковского сидит человек и держит на вытянутых руках гири массой 5,0 кг каждая. Расстояние от каждой гири до оси скамьи 70 см. Скамья вращается с частотой 1,0 об/с. Как изменится частота вращения скамьи и какую работу произведет человек, если он сожмет руки так, что расстояние от каждой гири до оси уменьшится до 20 см? Суммарный момент инерции человека и скамьи относительно оси составляет 2,5 кг·м².

$$[2,6 \text{ об/с}; 0,23 \text{ кДж}]$$

5. На тонком стержне длиной L равномерно распределён заряд плотностью $\tau = 11$ нКл/м². Найти потенциалы электростатического поля в точках, удалённых от его ближайшего конца вдоль стержня на расстояние: а) $r_a = 0,10 L$; б) $r_b = 10 L$.

$$[\varphi_a = 0,24 \text{ В}; \varphi_b = 9,4 \text{ мВ}]$$

6. Точечный заряд $q = 2,0$ нКл находится на некотором расстоянии от бесконечной заряженной плоскости с поверхностной плотностью заряда $\sigma = 8,85$ нКл/м². Найти работу кулоновских сил по удалению точечного заряда от плоскости на $\Delta x = 2$ см.

$$[20 \text{ нДж}]$$

7. Определить скорость нарастания силы тока в проводнике сопротивлением 5 Ом, если за 20 с выделилось 4 кДж теплоты. Сила тока растёт по линейному закону от нуля до некоторого значения.

$$[0,5 \text{ А/с}]$$

8. Заряженная частица, обладающая скоростью 2,0 Мм/с, влетела в однородное магнитное поле с индукцией 0,52 Тл и описала дугу окружности радиусом 4,0 см. Найти отношение заряда частицы к её массе. По этому отношению (см. прил. 8) определить, какая это частица.

$$[96 \text{ МКл/кг}; \text{ протон или антипротон}]$$

9. Соленоид имеет длину 60 см и сечение 10 см². При некоторой силе тока, протекающей по обмотке, в соленоиде создается магнитный поток 100 мкВб. Вычислить энергию магнитного поля соленоида.

$$[2,4 \text{ Дж}]$$

10. Материальная точка совершает колебания с частотой 0,50 Гц. Амплитуда колебаний 3,0 см. Определить скорость точки в момент времени, когда смещение равно 1,5 см.

$$[8,2 \text{ см/с}]$$

11. При наблюдении затухающих колебаний с периодом 500 мс выяснилось, что после второго колебания амплитуда на 60,0 % мень-

ше, чем после первого. Определить коэффициент затухания и частоту собственных колебаний. [1,83 с⁻¹, 2,02 Гц]

12. Определить показания измерительных приборов в электрической цепи (рис. 10), подключённой к сети 220 В переменного тока частотой 50 Гц. Резистор ($R = 20$ Ом), катушка индуктивности ($L = 0,150$ Гн) и конденсатор ($C = 20,0$ мкФ) соединены последовательно. [$I_A = 1,94$ А; $U_B = 217$ В]

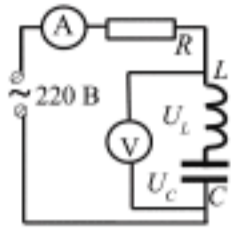


Рис. 10

13. Звуковая волна с уровнем интенсивности 75 дБ падает на ушную барабанную перепонку площадью $0,50$ см². Определить мощность звука, воздействующего на перепонку. [1,6 нВт]

14. Два параллельных провода, погруженные в глицерин, индуктивно соединены с генератором электромагнитных колебаний частотой 420 МГц. Расстояние между пучностями стоячих волн вдоль проводов равно 7 см. Полагая магнитную проницаемость $\mu = 1$, найти диэлектрическую проницаемость глицерина. [26]

15. На стеклянный клин ($n = 1,5$) нормально падает монохроматический свет с длиной волны 698 нм. Определить угол между поверхностями клина, если расстояние между двумя соседними интерференционными минимумами в отражённом свете равно 2 мм. [24°]

16. Угол дифракции $\varphi = 30^\circ$ соответствует максимуму четвертого порядка для монохроматического света ($\lambda = 0,5$ мкм). Определить число штрихов на 1 мм дифракционной решетки. [250 мм⁻¹]

17. На металлическую пластину падает монохроматический свет с длиной волны 420 нм. Фототок прекращается при задерживающей разности потенциалов 0,95 В. Определить работу выхода и максимальную скорость фотоэлектронов. [2,0 эВ; $5,8 \cdot 10^5$ м/с]

18. Земля, имеющая среднюю температуру поверхности 7 °С, излучает 5,4 кВт энергии с одного квадратного метра за одну минуту. Какова поглощательная способность поверхности Земли? При какой температуре чёрное тело обладало бы такой же энергетической светимостью, как Земля? [0,26; 200 К]

19. Атом находится в возбуждённом состоянии в среднем около $\tau = 12$ нс, после чего переходит в основное состояние, испуская фотон. Средняя длина волны излучения $\langle \lambda \rangle = 120$ нм. Найти минимальную неопределённость длины волны (ширину спектральной линии). [$\Delta \lambda = \langle \lambda \rangle^2 / (4\pi \cdot c \cdot \tau) = 0,32$ фм]

20. Искусственно созданный изотоп нептуния $Np-237$ является родоначальником радиоактивного семейства. Сколько α - и β -распадов

должно произойти, прежде чем $Np-237$ превратится в стабильный изотоп висмута $Bi-209$?

21. Плотность газа равна 60 г/м^3 , а средняя квадратичная скорость его молекул 500 м/с . Найти давление, оказываемое газом на стенки сосуда. [5,0 кПа]

22. Какова теплопроводность водорода при нормальных условиях, если его диффузия равна $9,1 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$? [84 мВт/(м·К)]

23. Температуру газообразного азота массой 22 г повысили от $T_1 = T$ до $T_2 = 1,2T$. При этом энтропия газа возросла на $4,17 \text{ Дж/К}$. Как происходил процесс нагревания: изобарно или изохорно? [$p = \text{const}$]

24. Площадь поршня в шприце S_1 , а площадь отверстия на выходе S_2 . На поршень действует сила F . Плотность жидкости ρ . Найти скорость v_2 вытекания жидкости из шприца.
[$v_2^2 = 2F/(\rho S_1)$ при $S_2 \ll S_1$]

25. Каким может быть диаметр пор d в фитиле керосинки, чтобы керосин поднимался от её дна до горелки на высоту 10 см ? Считать поры цилиндрическими трубками, а смачивание полным. Плотность керосина 800 г/л ; поверхностное натяжение 30 мН/м . [$d \leq 0,15 \text{ мм}$]

Вариант 7

1. Вычислить силу, действующую на электрон, $F = eU/d$, где заряд электрона $e = 1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$, по результатам многократных измерений разности потенциалов U между точками электрического поля вольтметром (1000 В ; $1,0$) и расстояния d между ними микрометром ($0,01 \text{ мм/дел}$):

$U, \text{ В}$ 980 980 970 990; $d, \text{ мм}$ 5,02 5,03 5,05 5,04.

2. Движение колеса задано уравнением $\varphi = 5 + 4,5t - \frac{2}{3}t^3$, где φ – угол поворота, рад; t – время движения, с. Определить момент времени, когда колесо остановится, и угловое ускорение в этот момент. [1,5 с; 6 рад/с]

3. Определить момент импульса системы из двух концентрически расположенных колёс, соединённых невесомыми спицами, одно из которых имеет радиус 50 см и массу $0,50 \text{ кг}$, а другое – 25 см и $0,20 \text{ кг}$ соответственно. Вся система вращается с частотой $2,0 \text{ об/с}$. Какую касательную силу следует приложить к внешнему колесу системы, чтобы остановить её за 10 с ? [1,7 кг·м²/с; 0,35 Н]

4. Однородный стержень длиной 1 м может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через один из его концов.

В другой конец ударяет пуля массой 7 г, летящая перпендикулярно стержню и его оси. В результате попадания пули стержень отклонился на угол 60° от вертикали при скорости пули 360 м/с. Считая удар неупругим, определить массу стержня. [2 кг]

5. В парафине ($\varepsilon = 2,4$) расположены две параллельные металлические пластины, имеющие поверхностные плотности электрического заряда $\sigma_1 = 2,0$ мкКл/м² и $\sigma_2 = 4,0$ мкКл/м². Определить напряжённость E и электрическое смещение D поля между пластинами.

[47 кВ/м; 1,0 мкКл/м²]

6. Два шара радиусами 10 и 5,0 см находятся в воздухе. Первый шар зарядили до потенциала 2700 В и отключили от источника. Вторым шар не имеет заряда. Шары соединили проволокой, ёмкостью которой можно пренебречь. Найти заряды и потенциалы шаров после соединения. [20 нКл; 10 нКл; 1,8 кВ]

7. При коротком замыкании аккумуляторной батареи с ЭДС $\varepsilon = 12,5$ В сила тока достигает 4,2 кА. На сколько понижается напряжение на батарее при питании стартера током 0,3 кА? [0,9 В]



Рис. 11

8. Прямой провод с током 1 А на одном из участков переходит в полуокружность радиусом 0,5 м (рис. 11). Найти индукцию магнитного поля в центре полуокружности. [0,6 мкТл]

9. Ток, протекающий через катушку индуктивности $L = 0,02$ Гн, изменяется по закону $I = 5\sin 314t$, где I – сила тока, А; t – время, с. Построить график зависимости ЭДС индукции, возникающей в катушке, от времени в интервале от 0 до 0,02 с.

10. Точка участвует одновременно в двух колебаниях с одинаковым периодом и одинаковыми начальными фазами. Амплитуды колебаний равны 3 и 4 см. Найти амплитуду результирующего колебания, если: а) колебания совершаются в одном направлении; б) колебания взаимно перпендикулярны. [7 см; 5 см]

11. Груз массой 1,0 кг, подвешенный на нити длиной 2,0 м, совершает колебания в жидкости. Коэффициент сопротивления 0,20 кг/с. На груз действует вынуждающая сила $F = 0,10\cos\Omega t$, где F – сила, Н; Ω – угловая частота вынуждающей силы, с⁻¹; t – время, с. Определить коэффициент затухания, резонансную частоту и амплитуду при резонансе. [0,10 с⁻¹; 0,35 Гц; 23 см]

12. Радиоприемник настроен в резонанс с передающей радиостанцией на частоте 106 МГц при ёмкости приемного колебательного контура C_0 . Определить диапазон принимаемых частот, если, не ме-

няя индуктивности контура, можно изменять его ёмкость от $C_0/9$ до $9C_0$? [от 318 до 35,3 МГц]

13. Замена прямозубой шестерёнчатой передачи на косозубую уменьшает уровень шума на 8 – 10 дБ. Во сколько раз уменьшается интенсивность шума? [6,3 – 10]

14. Через один поляроид проходит 30 % естественного светового потока, а через два таких поляроида — 13,5 %. Определить угол между плоскостями поляризации. [30°]

15. Оптическая сила плосковыпуклой линзы из стекла ($n = 1,5$) равна 0,5 дптр. Линза выпуклой стороной лежит на стеклянной пластинке. Определить радиус седьмого тёмного кольца Ньютона в проходящем свете с длиной волны 0,5 мкм. [2 мм]

16. На щель шириной 0,2 мм падает нормально монохроматический свет ($\lambda = 0,5$ мкм). Расстояние от щели до экрана, где наблюдается дифракционная картина, равно 1 м. Определить расстояние между первыми дифракционными минимумами, расположенными симметрично по обе стороны от центрального максимума. [5 мм]

17. Рентгеновский фотон с энергией 100 кэВ отклоняется на угол 90° после взаимодействия со свободным электроном. Чему равна энергия фотона после рассеяния? [84 кэВ]

18. Вольфрамово-галогенная лампа имеет цветовую температуру 3400 К. На какую длину волны приходится максимум распределения энергии в спектре лампы? Находится ли это значение в видимой области спектра (от 0,4 до 0,8 мкм)? Считая нить лампы чёрным телом, вычислить, сколько энергии излучается за одну секунду с одного квадратного миллиметра поверхности нити лампы. [0,8 Дж]

19. Электроны, ускоряются в вакуумной трубке, проходя между точками с разностью потенциалов 10 кВ. Вычислить неопределённость координаты электрона, полагая неопределённость импульса равной 0,25 % от его числового значения. Являются ли в данных условиях электроны квантовыми частицами? [3,9 пм]

20. Радиоактивный препарат уран-238 массой 1,0 г испускает $1,24 \cdot 10^4$ α -частиц в секунду. Найти период полураспада этого изотопа и активность препарата. [4,5 млрд лет; $1,2 \cdot 10^4$ Бк]

21. Сосуд в форме куба объёмом $0,216$ м³ содержит $12,1 \cdot 10^{24}$ молекул газа. Среднеквадратичная скорость молекул равна 400 м/с. Сколько соударений молекул об одну из стенок сосуда происходит в течение 3 мс? [$3,7 \cdot 10^{24}$]

22. Теплопроводность газообразного кислорода при $100\text{ }^\circ\text{C}$ равна $3,25 \cdot 10^{-2}\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. Определить динамическую вязкость кислорода при этой температуре. $[5 \cdot 10^{-5}\text{ Па}\cdot\text{с}]$

23. Азот (N_2) в количестве $\nu_1 = 1$ моль при температуре $T_1 = 400\text{ К}$ привели в тепловой контакт с кислородом (O_2), имеющим соответствующие параметры: $\nu_2 = 2$ моль, $T_2 = 300\text{ К}$. Найти изменение энтропии системы в результате установления теплового равновесия. Изменение объёма газов не учитывать. Равны ли по модулю изменения энтропии азота и кислорода? $[0,3\text{ Дж/К}]$

24. Широкий сосуд с небольшим отверстием в дне наполнен водой и керосином. Толщина слоя воды 30 см , а слоя керосина 20 см . Пренебрегая вязкостью, найти скорость вытекающей жидкости у отверстия. Плотность керосина составляет 800 г/л , плотность воды – 1000 г/л . $[3,0\text{ м/с}]$

25. Стальной шарик диаметром $1,0\text{ мм}$, падая в касторовом масле, проходит 30 мм за 6 с . Определить динамическую вязкость масла. Плотности масла и стали $0,97$ и $7,8\text{ г/см}^3$ соответственно. $[0,74\text{ Па}\cdot\text{с}]$

Вариант 8

1. Внутреннее сопротивление источника тока определяют косвенно по формуле $r = \frac{U_1 - U_2}{I}$. $U_1 = 12,8\text{ В}$. $U_2 = 11,8\text{ В}$. Абсолютные погрешности $\Delta U_1 = \Delta U_2 = 0,2\text{ В}$. Амперметр имеет класс точности $2,5$ и шкалу с пределами от -150 до $+150\text{ А}$. Значения силы тока при многократных измерениях получены следующие:

$I, \text{ А} \quad 101 \quad 102 \quad 96 \quad 103 \quad 98.$

Записать результат косвенного измерения величины r в стандартной форме: $r = \langle r \rangle \pm \Delta r$; $P = 0,95$.

2. На прямолинейном участке трамвайного пути вагон массой $m = 5,0\text{ т}$ движется по закону $a_x = 5 - 0,05x$, где a_x – проекция ускорения на ось X , м/с^2 ; x – координата вагона относительно начальной остановки. Найти: а) время разгона; б) максимальную скорость. $[8,9\text{ с}; 22\text{ м/с}]$

3. Стержень массой m и длиной l вращается вокруг оси, проходящей перпендикулярно стержню через его середину. На конце стержня прикреплен груз массой $2m$. Чему равен момент инерции системы стержень – груз относительно данной оси? Как изменится момент инерции системы, если ось вращения переместить на свободный конец стержня параллельно прежней оси? $[\frac{1}{4} \cdot ml^2]$

4. Найти работу, которую нужно совершить, чтобы увеличить скорость тела с 2,0 до 6,0 м/с на пути 10 м. Масса тела 1,0 кг. На всем пути действует сила трения 2,0 Н. [36 Дж]

5. Нить в форме полукольца радиусом R равномерно заряжена с линейной плотностью заряда τ . Определить напряжённость электрического поля, созданного нитью в центре окружности, частью которой является нить. [$\tau/(2\pi\epsilon_0 R)$]

6. Энергия электрического поля между пластинами заряженного конденсатора составляет 0,12 мкДж при напряжении 500 В. Площадь одной пластины 40 см². Найти объёмную плотность энергии в диэлектрике ($\epsilon = 3$). [0,27 мДж/м³]

7. Во сколько раз сопротивление нагрузки R должно быть больше внутреннего сопротивления r источника тока, чтобы при расчётах силы тока в цепи (если пренебречь величиной r) ошибка не превышала бы 1,0 %? [$R/r > 100$]

8. Квадратная проволочная рамка расположена в одной плоскости с длинным прямым проводом так, что две её стороны параллельны проводу. Сила тока в рамке равна силе тока в проводе и составляет 1 А. Ближайшая к проводу сторона рамки находится от него на расстоянии, равном её длине. Определить силу, действующую на рамку. [0,1 мкН]

9. Замкнутый проводник в виде квадрата общей длиной L и сопротивлением R расположен в магнитном поле с индукцией B . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости контура. Какой электрический заряд q протечёт по проводнику, если, потянув за противоположные углы квадрата, сложить проводник вдвое? [$(L/4)^2 B/R$]

10. Материальная точка массой 10 г совершает колебания по закону $x = 20\cos \frac{\pi t}{2}$, где x – смещение, см; t – время, с. Найти ускорение точки и возвращающую силу в момент времени 2,0 с. [0,49 м/с²; 4,9 мН]

11. Записать уравнение гармонического колебания шарика $x(t)$ и закон изменения возвращающей силы $F(t)$ при начальных условиях: $t = 0$; $x_0 = 13$ см; энергия системы $W_0 = 20$ мДж. Масса шарика 60 г, период колебаний 2,0 с. [$x = 0,26\cos(\pi t + \pi/3)$; $F = -0,15\cos(\pi t + \pi/3)$, где x – смещение, м; F – сила, Н]

12. Индуктивность колебательного контура равна 2,0 Гн. Чему равно активное сопротивление контура, если амплитуда свободных колебаний в нём за 50 мс уменьшается в 2,7 раза? [80 Ом]

13. Определить разность фаз колебаний двух точек среды, находящихся на расстоянии 10 см вдоль направления распространения плоской волны. Фазовая скорость волны 340 м/с; частота колебаний 1000 Гц. [0,59π рад]

14. Угол между плоскостями пропускания двух николей равен 45°. Во сколько раз уменьшится интенсивность света, вышедшего из николей, если угол увеличить до 60°? [2]

15. На линзу с показателем преломления 1,58 нормально падает монохроматический свет с длиной волны 0,550 мкм. Для устранения потерь света в результате отражения на линзу наносится тонкая плёнка. Найти оптимальные значения показателя преломления и толщины плёнки. [1,26; 109 нм]

16. Монохроматический свет падает нормально на дифракционную решетку, имеющую 300 штрихов на 1 мм. Угол между направлениями на максимумы первого и второго порядков составляет 12°. Определить длину световой волны. [0,67 мкм]

17. Скорость электронов, бомбардирующих анод рентгеновской трубки, составляет 0,80с, где c – скорость света в вакууме. Определить коротковолновую границу сплошного рентгеновского спектра. [3,6 пм]

18. Температура плавления платины $T = 2043$ К. Сколько энергии излучается расплавленной платиной с поверхности $S = 50$ см² за время $t = 60$ с? Поглощательная способность платины $a = 0,80$. [0,24 Дж]

19. Электрон 1s-состояния атома водорода, поглотив фотон с энергией 12,1 эВ, перешел в возбужденное состояние с максимально возможным орбитальным квантовым числом. Определить главное квантовое число возбужденного состояния и изменение момента импульса орбитального движения электрона. [3; 2,45ħ]

20. Вычислить кинетическую энергию продуктов α-распада ядра протактиния-226. Если трек α-частицы наблюдать в камере Вильсона, помещённой в магнитное поле ($B = 0,50$ Тл), то по дуге какого радиуса пойдёт частица в начале своего пути? [7,1 МэВ; 95 см]

21. При каком давлении средняя длина свободного пробега молекул водорода равна 2,5 см? Температура газа равна 67 °С. Диаметр молекулы водорода 0,28 нм. [0,54 Па]

22. До какого давления нужно откачать воздух при температуре 290 К между стенками термоса, чтобы теплопроводность воздуха при дальнейшей откачке начала уменьшаться? Диаметр молекул принять равным 0,30 нм, расстояние между стенками – 8,0 мм. [1,3 Па]

23. Объём газа увеличивается вдвое так, что средняя квадратичная скорость молекул остаётся постоянной и равной 930 м/с. Масса газа равна 5 г. Определить работу расширения газа и количество подведённой теплоты. [1 кДж]

24. С противоположных сторон широкого вертикального сосуда, наполненного водой, открыли два одинаковых отверстия, каждое площадью $S = 0,50 \text{ см}^2$. Расстояние между ними по высоте $\Delta h = 51 \text{ см}$. Найти результирующую сил реакции вытекающих струй.

$$[F = S\rho g \cdot \Delta h; F = 0,25 \text{ Н}]$$

25. Между двумя параллельными вертикальными пластинами, расположенными на расстоянии 0,50 мм друг от друга в жидкости плотностью 790 кг/м^3 , жидкость поднялась выше уровня жидкости вне пластин на 31 мм. Считая смачивание полным, определить поверхностное натяжение жидкости. [60 мН/м]

Вариант 9

1. Вычислить энергию конденсатора $W = CU^2/2$ по результатам многократных измерений ёмкости C фарадметром (1000 пФ; 1,0) и напряжения U вольтметром (150 В; 0,5):

$$C, \text{ пФ} \quad 830 \quad 850 \quad 830 \quad 840 \quad 840; \quad U, \text{ В} \quad 139 \quad 138 \quad 137 \quad 138.$$

2. Ускоритель разгоняет радиоактивное ядро до скорости, равной $0,4c$, где c – скорость света в вакууме. На выходе из ускорителя ядро испускает β -частицу со скоростью $v_{\text{ч-я}} = 0,75c$ относительно ускорителя. Какова скорость частицы относительно ядра? [$v_{\text{ч-я}} = 0,5c$]

3. Момент инерции относительно собственной оси для автомобильного колеса с шиной равен $0,7 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$. Масса колеса 15 кг, радиус 30 см. Чему равен момент импульса колеса относительно точки касания с дорогой, если автомобиль движется со скоростью 100 км/ч? [$2 \cdot 10^2 \text{ кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}$]

4. Пуля, летевшая горизонтально, попадает в шар, подвешенный на легком жёстком стержне, и застревает в нем. Массы пули и шара составляют 5 и 500 г соответственно. Скорость пули 500 м/с. При какой предельной длине стержня (расстояние от точки подвеса до центра шара) шар поднимется после удара до верхней точки окружности? [0,6 м]

5. Заряды двух концентрических сфер радиусами 10 и 20 см составляют 20 и 10 нКл. Какова разность потенциалов двух точек поля, отстоящих от центра сфер на 15 и 25 см? [0,57 кВ]

6. Плоский воздушный конденсатор с площадью пластин 100 см² и расстоянием между ними 1,00 мм заряжен до 100 В. Затем пластины раздвигаются до 25,0 мм. Найти энергию конденсатора до и после раздвижения пластин, если источник при этом: а) подключён; в) отключён. [442 нДж; 17,7 нДж; 11,1 мкДж]

7. Ток в проводнике сопротивлением 12 Ом уменьшается до нуля по закону $I = 5,0 - 0,20t$, где I – сила тока, А; t – время, с. Определить количество теплоты, выделенное проводником за время изменения тока. [2,5 кДж]

8. В камере Вильсона, помещённой в магнитное поле ($B = 10$ мТл), электрон движется по дуге окружности радиусом 10 см. Найти энергию частицы в электронвольтах. [88 кэВ]

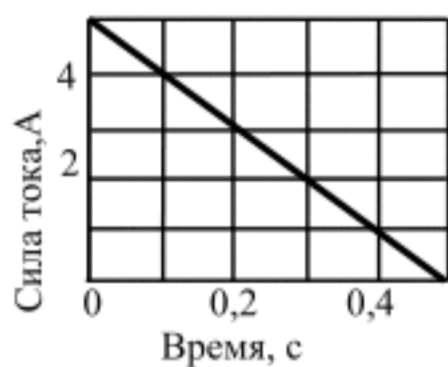


Рис. 12

9. Зависимость силы тока в катушке индуктивностью 0,2 Гн показана на диаграмме (рис. 12). Определить ЭДС, индуцируемую в катушке. [2 В]

10. Уравнение движения точки имеет вид $x = 4\sin(\pi t/6)$, где x – смещение точки, см; t – время, с. Найти моменты времени, ближайшие к началу отсчёта, но не равные нулю, в которые достигаются максимальные значения модуля скорости и модуля ускорения. Показать соответствующие точки на графиках $x(t)$ и $v(t)$. [6 и 9 с]

11. Найти число полных колебаний системы, в течение которых энергия системы уменьшится в два раза. Логарифмический декремент затухания равен 0,010. [34]

12. Ток в LC-контуре. изменяется по закону: $I = 1,41\sin 10^4 t$, где I — сила тока, мА; t — время, с. Индуктивность контура $L = 0,1$ Гн. Определить электроёмкость конденсатора и амплитуду напряжения на его обкладках. [$C = 0,1$ мкФ; $U_m = 2$ В]

13. Модуль упругости бетона определяют ультразвуковым методом. Для этого через бетонный кубик с ребром 100,0 мм и массой 2,21 кг пропускают ультразвук. Среднее время прохождения продольных ультразвуковых волн оказалось равным 26 мкс. Какое значение модуля Юнга получено в эксперименте? [33 ГПа]

14. Плоская электромагнитная волна с амплитудой напряжённости электрического поля 5,0 В/м распространяется в вакууме. Какова амплитуда напряжённости магнитного поля? [13 мА/м]

15. В опыте Юнга на пути одного из лучей поместили стеклянную ($n = 1,5$) пластинку, вследствие чего интерференционная картина сместилась на пять полос (место центрального максимума занял пятый максимум). Луч падает на пластинку перпендикулярно. Длина волны падающего света 600 нм. Определить толщину пластинки. [6 мкм]

16. Дифракционная решётка имеет 200 штрихов на 1 мм длины. На решётку падает нормально монохроматический свет ($\lambda = 0,6$ мкм). Максимум какого наибольшего порядка даёт эта решётка? [8]

17. При переходе электрона в атоме с L - на K -слой испускаются рентгеновские лучи с длиной волны 78,8 пм. Какой это атом? Для K -серии постоянная экранирования равна 1. [Цирконий]

18. Определить относительное увеличение энергетической светимости черного тела из-за повышения его температуры на 1%. [4 %]

19. Определить дебройлевскую длину волны электрона, ускоренного электрическим полем с разностью потенциалов 2 МэВ.

$$[\lambda = \frac{hc}{\sqrt{eU(2mc^2 + eU)}} = 0,6 \text{ пм}]$$

20. Рассчитать и сравнить энергии, освобождаемые в следующих двух реакциях при превращении всех ядер, содержащихся в 1 г исходного вещества: 1) в реакции деления ядра уран-235, захватившего нейтрон, с получением стабильных изотопов церий-140 и цинк-94, а также двух нейтронов и шести β -частиц; 2) в реакции синтеза дейтерия и трития с получением ядра гелий-4. Записать схемы этих реакций. [84 ГДж; 340 ГДж]

21. При какой температуре среднеквадратичная и наиболее скорости молекул азота (N_2) различаются на 100 м/с? [60 °C]

22. Вывести соотношение между коэффициентами теплопроводности и внутреннего трения в газах. [$\lambda/\eta = c_V$]

23. Идеальный газ в количестве 10,0 ммоль изобарно нагрели на 100 К, сообщив ему 29,1 Дж тепла. Вычислить совершённую газом работу. Определить число степеней свободы молекул данного газа. [8,31 Дж; 5]

24. Гейзер Эксельсиор в Йеллоустонском национальном парке (США) выбрасывает воду на высоту 76 м. Оценить давление жидко-

сти у основания гейзера. Сколько литров воды извергается за секунду, если диаметр гейзера 10 м? [$> 0,75$ МПа; $3 \cdot 10^6$ л]

25. В воду опустили на очень малую глубину конец вертикальной капиллярной трубки. Какова масса воды, вошедшей в трубку, если диаметр внутреннего канала трубки равен 1 мм? [0,02 г]

Вариант 10

1. Вычислить количество теплоты $Q = (U^2/R)t$, выделившейся в проводнике сопротивлением 50 Ом, по данным многократных измерений напряжения вольтметром (250 В; 0,5) и времени протекания тока секундомером (0,2 с/дел):

$U, \text{В}$ 218 218 220 222; $t, \text{с}$ 15,8 15,8 15,6 15,6.

2. Моторная лодка массой 200 кг приближается к причалу со скоростью 5 м/с. Сила сопротивления движению изменяется по закону $F_c = 100v$, где F_c – сила сопротивления, Н; v – скорость, м/с. На каком расстоянии от причала надо остановить двигатель, чтобы причалить с безопасной для лодки скоростью ($v \approx 0$)? [10 м]

3. Оценить момент импульса Земли относительно оси вращения (собственный механический момент) и орбитальный момент импульса. Масса Земли $6 \cdot 10^{24}$ кг, радиус 6400 км, расстояние от Земли до Солнца $1,5 \cdot 10^{11}$ м. [$7 \cdot 10^{33}$ и $3 \cdot 10^{40}$ кг·м²/с]



Рис. 13

4. Два груза массой 0,5 кг каждый, связанные нитью, надеты на стержень массой 1,0 кг (рис. 13). Ось вращения проходит перпендикулярно стержню через его середину. Когда система раскручивается вокруг оси до угловой скорости 20 рад/с, нить разрывается и грузы перемещаются на концы стержня. Длина нити равна 36 см. Длина стержня 60 см. Размерами грузов можно пренебречь. Считая действие внешних моментов сил с момента разрыва нити пренебрежимо малым, найти конечную угловую скорость системы. [10,4 рад/с]

5. Электрическое поле образовано бесконечно длинной нитью, заряженной с плотностью 100 нКл/м. Определить разность потенциалов двух точек поля, отстоящих от нити на расстояниях 5,0 и 10,0 см. [1,2 кВ]

6. Воздушный конденсатор заряжен до напряжения 100 В и отключен от источника тока. Затем пространство между пластинами заполняется диэлектриком, вследствие чего напряжение уменьшается

до 2,3 В. Определить диэлектрическую проницаемость диэлектрика. Найти электроёмкость конденсатора до и после заполнения, если площадь пластин конденсатора 100 см^2 и расстояние между пластинами 5,0 мм. [43; 18 пФ; 0,77 нФ]

7. Аккумулятор заряжается током 4 А от источника напряжением 21 В. Какое дополнительное сопротивление включено в цепь в начальный момент, если начальная ЭДС аккумулятора 9 В, а его внутреннее сопротивление 1 Ом? [2 Ом]

8. По проводнику, изогнутому в виде окружности, течет ток. Индукция магнитного поля в центре окружности 63 мкТл. Не изменяя силы тока в проводнике, ему придали форму квадрата. Определить индукцию магнитного поля в точке пересечения диагоналей квадрата. [72 мкТл]

9. Катушка диаметром 10 см, имеющая 500 витков, находится в магнитном поле, линии индукции которого перпендикулярны плоскости катушки. Магнитная индукция увеличивается от 0 до 2,0 Тл в течение 100 с. Определить среднее значение ЭДС индукции в этой катушке. [80 В]

10. Материальная точка, совершающая гармонические колебания с частотой 10,0 Гц, проходит положение равновесия со скоростью 6,28 м/с. Определить максимальное смещение и максимальное ускорение. Записать уравнение данных колебаний с начальной фазой, равной нулю. [100 мм; 394 м/с²; $x = 0,100 \sin 20 \pi t$, где x – смещение, м; t – время, с]

11. За время 16,1 с амплитуда колебаний уменьшилась в пять раз. Найти коэффициент затухания и время релаксации (время, за которое амплитуда уменьшится в $e = 2,718$ раз). [0,1 с⁻¹; 10 с]

12. Полная энергия колебательной системы в виде LC-контура составляет 1 мДж. Пластины конденсатора медленно раздвигают так, что частота колебаний возрастает в 2 раза. Найти работу, совершаемую против электрических сил. [3 мДж]

13. Уровень интенсивности звука на расстоянии 12 м от громкоговорителя равен 70 дБ. Какова акустическая выходная мощность громкоговорителя? [18 мВт]

14. В воздухе распространяется плоская электромагнитная волна и падает по нормали на поверхность тела, полностью её поглощающего. Амплитуда напряжённости магнитного поля волны равна 25 мА/м. Определить давление, оказываемое волной. [0,39 нПа]

15. Установка для наблюдения колец Ньютона освещается монохроматическим светом с длиной волны 600 нм, падающим нормально. Пространство между линзой и стеклянной пластинкой заполнено жидкостью. Радиус кривизны линзы равен 400 см. При наблюдении в проходящем свете радиус второго светлого кольца равен 1,8 мм. Найти показатель преломления жидкости. [1,48]

16. Какова постоянная дифракционной решётки, если она в первом порядке разрешает две спектральные линии в спектре калия с длинами волн 578 и 580 нм? Длина решётки 10 мм. [35 мкм]

17. Плоский серебряный электрод освещается монохроматическим излучением с длиной волны 83 нм. Красная граница фотоэффекта для серебра 264 нм. Вне электрода имеется задерживающее электрическое поле напряжённостью 10 В/см. На какое максимальное расстояние от поверхности электрода может удалиться фотоэлектрон? [1,0 см]

18. Какую мощность необходимо подводить к медному шарикю диаметром 2,0 см, чтобы при температуре окружающей среды $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ поддерживать его температуру равной $17\text{ }^{\circ}\text{C}$. Поглощательную способность меди принять равной 0,6. Считать, что тепловые потери обусловлены только излучением. [0,11 Вт]

19. Электрон находится в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной L с бесконечно высокими стенками. Какова вероятность обнаружения электрона на участке $L/6 \leq x \leq 5/6L$, если электрон находится в возбужденном состоянии ($n = 3$). Изобразить графически плотность вероятности обнаружения электрона в данном состоянии. [2/3]

20. Нейтроны можно получить путём облучения γ -квантами ядер бериллия-9. Записать схему реакции. Какой должна быть энергия γ -квантов для осуществления данной реакции. [$W \geq 1,65\text{ МэВ}$]

21. Смесь водорода с азотом имеет плотность 0,30 г/л при температуре 320 К и давлении 0,20 МПа. Найти концентрацию молекул водорода в данной смеси газов. [$4,2 \cdot 10^{22}\text{ м}^{-3}$]

22. За сутки через 1 м^2 поверхности почвы продиффундировало 145 г углекислого газа. Градиент плотности газа $1,4 \cdot 10^{-5}\text{ г/см}^4$. Определить коэффициент диффузии. [$1,2 \cdot 10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}$]

23. При изобарном нагревании идеального газа от 0 до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ поглощается 3,35 кДж теплоты на каждый моль. Определить: отношение теплоёмкостей C_p/C_v для данного газа; приращение внутренней энергии; работу, совершаемую газом. [1,33; 2,5 кДж; 0,83 кДж]

24. Площадь поршня, вставленного в горизонтально расположенный налитый водой цилиндр $S_1 = 1,5 \text{ см}^2$, а площадь выходного отверстия, расположенного по оси цилиндра $S_2 = 0,8 \text{ мм}^2$. Ход поршня 5 см. Пренебрегая трением, определить время, в течение которого вода будет удалена из цилиндра через отверстие под действием силы 5 Н, приложенной к поршню. [1 с]

25. Решето в форме цилиндра диаметром 30 см изготовлено так, что отверстия в его дне не смачиваются водой. Поверхностное натяжение воды $\sigma = 73 \text{ мН/м}$. Диаметр отверстий 2 мм. Сколько воды можно унести в таком решете? [$V \leq 1 \text{ л}$]

Вариант 11

1. Вычислить напряжённость магнитного поля бесконечно длинного проводника $H = I/(2\pi r)$, где $\pi = 3,14$, по результатам многократных измерений силы тока I амперметром (1 А; 0,5) и расстояния r от проводника до рассматриваемой точки линейкой (1 мм/дел):

$I, \text{ А}$ 0,28 0,27 0,26 0,29 0,26; $r, \text{ мм}$ 123 122 124 123.

2. Материальная точка движется по закону $\vec{r} = 4t^2\vec{i} + 3t\vec{j} + 2\vec{k}$, где $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ – орты осей x, y, z ; \vec{r} – радиус-вектор, м; t – время, с. Определить: 1) скорость как функцию времени; 2) модуль скорости в момент времени $t = 2,0 \text{ с}$; 3) ускорение точки. [16 м/с; 8 м/с²]

3. Вал массой 100 кг и радиусом 0,2 м вращался с частотой 5 об/с. К цилиндрической поверхности вала прижали тормозную колодку с силой 50 Н, под действием которой вал остановился через 10 с. Найти коэффициент трения. [0,6]

4. На краю неподвижной скамьи Жуковского диаметром 0,8 м и массой 6,0 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 рад/с]

5. Две параллельные плоскости заряжены с поверхностными плотностями 0,20 и $-0,30 \text{ мкКл/м}^2$ и расположены на расстоянии 0,50 см друг от друга. Определить разность потенциалов между плоскостями. [0,14 кВ]

6. Конденсатор ёмкостью 1,0 мкФ заряжен от источника напряжения 100 В и отключен от него. Затем он был соединен параллельно с незаряженным конденсатором ёмкостью 3,0 мкФ. Найти энергию электростатического поля до и после соединения конденсаторов. Объяснить результаты вычислений. [5,0 мДж; 1,2 мДж]

7. Внутреннее сопротивление батареи аккумуляторов равно 3 Ом. Разность потенциалов на зажимах батареи измерили вольтметром, сопротивление которого 200 Ом. Сколько процентов от точного значения ЭДС составляет ошибка, если измеренное значение принимается равным ЭДС? Во сколько раз изменится ошибка, если сопротивление вольтметра увеличить до 200 кОм? [1,5 %]

8. Два однозарядных иона, пройдя одинаковую разность потенциалов, влетели в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции. Ион, масса которого 12 а.е.м., описал дугу окружности радиусом 4,0 см. Определить массу другого иона, который двигался по окружности радиусом 6,0 см. [27 а.е.м.]

9. Соленоид, площадь сечения которого равна 5 см², содержит 1200 витков. Индукция магнитного поля внутри соленоида с током 2 А равна 10 мТл. Какова индуктивность соленоида? [3 мГн]

10. Движение центра тяжести тела задано двумя уравнениями: $x = 10\sin 2t$ и $y = 5,0\sin(2t + \pi/2)$, где x и y – смещения, см; t – время, с. Найти уравнение траектории движения и скорость тела в момент времени $t = 0,50$ с. [$x^2/100 + y^2/25 = 1$; 14 см/с]

11. Груз массой 10,0 г на пружине совершает затухающие колебания. Жесткость пружины 25,0 Н/м, логарифмический декремент затухания $4,00 \cdot 10^{-3}$. Определить время и число полных колебаний, по истечении которых амплитуда уменьшится в два раза. [21,7с; 173]

12. Колебательный контур состоит из катушки ($L = 10,0$ мГн), конденсатора ($C = 0,405$ мкФ) и резистора ($R = 2,00$ Ом). Пренебрегая активным сопротивлением катушки, определить, во сколько раз уменьшится амплитуда напряжения на обкладках конденсатора за время одного периода? [1,04]

13. В упругой среде распространяется волна вдоль оси X согласно уравнению: $\xi = 0,5\sin(1980t - 6,00x)$, где ξ – смещение частиц, см; t – время, с; x – координата, м. Определить длину волны, фазовую скорость и разность фаз колебаний точек среды, находящихся на расстоянии $\Delta x = 502,3$ мм. [1,05 м; 330 м/с; π]

14. Интенсивность естественного света, прошедшего через два николя, уменьшилась в 8 раз. Определить угол между плоскостями поляризации николей. Поглощением света пренебречь. [$\pi/3$ рад]

15. В опыте по наблюдению интерференции света с прибором «Кольца Ньютона» диаметр третьего синего ($\lambda = 434$ нм) кольца оказался равным 2,9 мм. Какова оптическая сила плоско-выпуклой линзы, взятой для опыта? [0,065 дптр]

16. Постоянная дифракционной решётки равна 5,0 мкм. Ширина решётки 2,5 см. Определить наименьшую разность длин волн, разрешаемую этой решёткой, для света с длиной волны 500 нм в спектре второго порядка. [50 пм]

17. Примесь однократно ионизованного гелия в атомарном водороде обнаруживается с помощью спектрального анализа. На сколько смещены спектральные линии этих атомов, соответствующие переходам электрона с третьего уровня на второй? [На 492 нм]

18. Вольфрамовая нить разогрета в вакууме пропусканием тока силой 1,0 А до температуры 1000 К. При какой силе тока нить накалится до температуры 3000 К. Коэффициенты поглощения вольфрама и его удельные сопротивления, соответствующие этим двум температурам, равны: $a_{T1} = 0,115$ и $a_{T2} = 0,334$; $\rho_1 = 0,257$ мкОм·м и $\rho_2 = 0,962$ мкОм·м. [7,9 А]

19. Моноэнергетический пучок нейтронов падает на кристалл с периодом решётки 0,15 нм. Определить скорость нейтронов, если для данного кристалла брэгговское отражение первого порядка наблюдается, когда угол скольжения пучка равен 30° . [2,6 км/с]

20. По экспериментальным результатам (табл. 6) построить диаграмму в координатах «количество вещества — время распада», найти период полураспада по графику $\nu(t)$ и сравнить со значением, рассчитанным по закону радиоактивного распада. Вычислить начальную активность данного нуклида *Po-218*. [3,1 мин; 2,3 ГБк]

Таблица 6

Изменение количества радиоактивного изотопа *Po-218* со временем вследствие распада

| | | | | | | | |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| ν , нмоль | 1,000 | 0,635 | 0,403 | 0,256 | 0,162 | 0,103 | 0,0655 |
| t , мин | 0 | 2,0 | 4,0 | 6,0 | 8,0 | 10,0 | 12,0 |

21. При какой плотности водорода его средняя длина свободного пробега молекул составляет 10 мм? Эффективный диаметр молекулы равен 0,23 нм. [1,4 мг/м³]

22. Коэффициент диффузии кислорода равен $2 \cdot 10^{-5}$ м²/с при концентрации его молекул $2 \cdot 10^{25}$ м⁻³. Определить коэффициент теплопроводности кислорода при этих условиях. [13,8 мВт/(м·К)]

23. Некоторый газ массой 10 г находится при температуре 300 К и давлении 5,0 кПа. В результате изотермического сжатия давление

газа увеличилось в два раза. При этом силой давления газа совершена работа $-4,32$ кДж. Какой это газ? Как изменился объём газа?

[Гелий; с $1,2$ до $0,62$ м³]

24. В широкой части трубы горизонтального нефтепровода скорость нефти равна 2 м/с. Труба суживается до диаметра 500 см. Разность уровней в двух манометрических трубках, установленных в широкой и узкой частях трубы, равна 8 см. Оценить объёмный расход нефти (в м³/с). Плотность нефти $0,9$ г/см³. [0,5 м³/с]

25. Какую силу нужно приложить, чтобы оторвать друг от друга без сдвига две смоченные стеклянные пластинки площадью S . Толщина прослойки жидкости между пластинами d , поверхностное натяжение σ . Смачивание считать полным. [$F = 2\sigma S/d$]

Вариант 12

1. Вычислить скорость электрона, ускоренного в электрическом поле, $v = \sqrt{2eU/m}$, где $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл; $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, по результатам многократных измерений разности потенциалов с помощью вольтметра (1000 В; $1,0$): $U, В$ 950 940 950 960.

2. Груз массой $5,0$ кг падает в вязкой среде. Сила сопротивления движению изменяется по закону $F = 2,0 \sqrt{t}$, где F – сила, Н; t – время, с. Найти работу силы сопротивления в интервале времени от 0 до $1,4$ с. [8,3 Дж]

3. Шкив в виде диска радиусом 10 см и массой 1 кг обмотан закреплённой на нём нитью. К нити подвешивают груз массой $0,2$ кг и отпускают. Каково изменение кинетической энергии шкива за 2 с после начала вращения? [8 Дж]

4. Стержень массой 2 кг и длиной 1 м подвешен на оси, проходящей через его середину перпендикулярно стержню. В конец стержня попадает пуля массой 10 г, летящая перпендикулярно оси и стержню со скоростью 500 м/с и застревает в нём. Определить угловую скорость, с которой начнет вращаться стержень. [15 рад/с]

5. Электрический заряд распределён по тонкому кольцу диаметром 12 см. Линейная плотность заряда равна $2,7$ нКл/м. Найти напряжённость электрического поля в центре кольца и в точке на оси кольца, удалённой от его центра на расстояние 1 м. [0; 9 В/м]

6. Расстояние между пластинами плоского конденсатора уменьшили в 3 раза. Во сколько раз изменились энергия и плотность энергии электрического поля внутри конденсатора в случаях: а) конденса-

тор заряжен и отключен от источника; б) конденсатор оставался присоединённым к источнику постоянного напряжения?

[а) 3; б) 3; 9]

7. Требуется передать электроэнергию на расстояние 200 м по медным проводам, причём потеря энергии в проводах не должна превышать 3 %. Передаваемая мощность 2,0 кВт при напряжении 200 В. Рассчитать площадь сечения проводов. [11 мм²]

8. В однородном магнитном поле с индукцией 1,0 Тл находится плоская катушка из 100 витков радиусом 10 см. Направление вектора \vec{B} составляет угол 60° с плоскостью катушки. По катушке пропускают ток силой 10 А. Определить вращающий момент, действующий на катушку. [16 Н·м]

9. Катушка индуктивности диаметром 4 см, имеющая 400 витков медного провода сечением 1 мм², расположена в однородном магнитном поле, индукция которого направлена вдоль оси катушки и равномерно изменяется со скоростью 0,1 Тл/с. Концы катушки замкнуты накоротко. Определить количество теплоты, выделяющейся в катушке за 1 с. Удельное сопротивление меди равно 17 нОм·м.

[3 мДж]

10. Точка участвует одновременно в двух взаимно перпендикулярных колебаниях, описываемых уравнениями: $x = 3\cos 2\omega t$ и $y = 4\cos(2\omega t + \pi)$, где x и y – смещения, см; t – время, с; ω – угловая частота, с⁻¹. Записать уравнение траектории точки и вычертить её, выбрав масштаб в соответствии с числовыми значениями амплитуд.

[$y = -\frac{1}{3} \cdot 4x$]

11. Тело массой 1,0 г совершает свободные колебания. В течение 50 с оно потеряло 80 % своей энергии. Определить коэффициент затухания и коэффициент сопротивления среды.

[0,016 с⁻¹; 3,2 · 10⁻⁵ кг/с]

12. В колебательном контуре, состоящем из конденсатора ёмкостью C и катушки индуктивностью L , амплитуда колебаний силы тока равна I_0 . В момент, когда сила тока в контуре равна нулю, катушку заменяют на другую с индуктивностью в два раза меньшей. Как изменятся амплитуды колебаний силы тока и напряжения после замены катушек? [Амплитуда силы тока увеличится в 1,4 раза]

13. Уровень интенсивности шума самолёта на расстоянии 5 м равен 120 дБ, а тихого разговора на таком же расстоянии – 40 дБ. Найти отношение интенсивностей этих звуков и значения интенсивности каждого из них. [10⁸; 1,0 Вт/м²; 10 нВт/м²]



Рис. 14

14. Естественный свет падает на одну из четырёх граней правильной стеклянной призмы параллельно диагональной плоскости (рис. 14). Возможно ли полное отражение света внутри призмы? Возможна ли полная поляризация при отражении от граней призмы, включая отражение преломлённых лучей внутри призмы? Показатель преломления стекла может находиться в пределах от 1,4 до 2,4.

15. Расстояние между щелями в опыте Юнга равно 0,5 мм. Длина волны падающего света 550 нм. Каково расстояние от щелей до экрана, если расстояние между соседними тёмными полосами на нём равно 1 мм? [0,9 м]

16. С целью определения длины волны света ртутной лампы с помощью дифракционной решетки расположили собирающую линзу рядом с решёткой так, чтобы на экране, удалённом от линзы на 1,84 м, наблюдалась система спектральных линий. Если решётка имеет 125 штрихов на 1,00 мм, то первая синяя линия видна на расстоянии 10,0 см от центрального максимума. Найти соответствующую длину волны. [436 нм]

17. Ускоряющее напряжение, приложенное к электронно-лучевой трубке телевизора, равно 30 кВ. Найти максимальную энергию квантов тормозного рентгеновского излучения и соответствующую длину волны. [30 кэВ; 41 пм]

18. Считая, что Солнце излучает как чёрное тело, определить температуру его поверхности и мощность излучения Солнца. Максимум спектральной плотности энергетической светимости Солнца приходится на длину волны 0,48 мкм. Радиус Солнца равен $6,95 \cdot 10^8$ м. [6,0 кК; $4,5 \cdot 10^{26}$ Вт]

19. Рубиновый лазер с выходной мощностью 2,0 ГВт создаёт импульс красного света ($\lambda = 693,4$ нм) длительностью 10 пс. Найти неточность в измерении энергии лазерного импульса и относительную неопределённость энергии фотона. [$3,3 \cdot 10^{-5}$ эВ; 0,0018 %]

20. С целью диагностики заболевания человеку ввели внутривенно 1,0 мл раствора, содержащего искусственный радиоизотоп натрий-24 активностью 2000 Бк. Активность 1,0 мл крови, взятой через 5,0 ч, оказалась 0,27 Бк. Определить объём крови человека. [5,9 л]

21. В сосуде объёмом 2 л находится 4 г гелия и 2 г водорода при температуре 0 °С. Определить давление и молярную массу смеси газов. [2 МПа; 3 г/моль]

22. Стальная стенка котла толщиной 1,5 мм покрыта с внутренней стороны слоем котельной накипи толщиной 1 мм. Определить тепловой поток, проходящий через 1 м² стенки котла, и температуру стального листа под накипью, если температура наружной поверхности стенки 250 °С, температура воды у внутренней стенки 200 °С. Теплопроводность накипи 0,6 Вт/(м·К), стали – 46 Вт/(м·К).

[29,4 кВт/м²; 249 °С]

23. Объём сосуда с азотом увеличивается с 5,0 до 15 л. Начальное давление равно 1,00 МПа. Определить конечное давление и работу, совершённую газом: а) в изотермическом процессе; б) в адиабатном процессе. [а) 0,33 МПа; 5,5 кДж; б) 0,21 МПа; 4,6 кДж]

24. К поршню шприца, расположенного горизонтально, приложена сила 15 Н. Определить скорость истечения воды из наконечника, если площадь поршня 12 см².

[5,0 м/с]

25. В сосуд с водой опущен капилляр, внутренний радиус которого 0,16 мм. Каким должно быть давление воздуха над жидкостью в капилляре, чтобы уровень воды в капилляре и в сосуде был одинаков? Атмосферное давление равно 101 кПа. Смачивание считать полным.

[102 кПа]

Вариант 13

1. Вычислить момент инерции шара $J = 2mr^2/5$ по результатам многократных измерений массы шара m с помощью весов (0,1 г/дел) и его диаметра d штангенциркулем (0,1 мм/дел):

m , г 118,4 117,8 119,0 118,8; d , мм 44,4 44,6 44,7 44,6.

2. Материальная точка движется по окружности радиусом 20 см со скоростью $v = 5t$, где v – скорость, см/с; t – время, с. В какой момент времени нормальное ускорение по модулю будет равно тангенциальному?

[2 с]

3. Маховик в форме диска радиусом 30 см и массой 60 кг раскручен до частоты $3,0 \cdot 10^3$ об/мин. Какую минимальную силу надо приложить к ободу маховика, чтобы остановить его за 15 с?

[0,19 кН]

4. Горизонтальная платформа массой 100 кг вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через её центр, совершая 10 об/мин. Человек массой 60 кг стоит на краю платформы. С какой частотой начнет вращаться платформа, если человек перейдет от края платформы к центру? Платформу считать однородным диском. [0,37 об/с]

5. Тонкий прямой стержень длиной 10 см равномерно заряжен с линейной плотностью 100 нКл/м. На продолжении оси стержня, на расстоянии 10 см от ближайшего конца, находится точечный заряд 10 нКл. Определить силу кулоновского взаимодействия стержня и заряда. [45 мкН]

6. К воздушному конденсатору, заряженному до 500 В и отключенному от источника напряжения, присоединён параллельно второй конденсатор таких же размеров и формы, но с другим диэлектриком. Найти его диэлектрическую проницаемость, если после присоединения разность потенциалов на батарее конденсаторов стала равной 70 В. [6,1]

7. Для измерения силы тока в цепи, состоящей из источника с ЭДС 4,5 В и внутренним сопротивлением 1,0 Ом, реостата сопротивлением 16 Ом, выбран амперметр сопротивлением 400 мОм. Правильно ли выбран прибор, если показания его не должны отличаться от действительного значения силы тока (без амперметра в цепи) более чем на 2 %?

8. Короткая катушка с площадью поперечного сечения 150 см² содержит 200 витков провода, по которому течёт ток силой 4,0 А. Катушка помещена в однородное магнитное поле с индукцией 10 мТл. Плоскость катушки составляет 30° с линиями индукции. Определить магнитный момент катушки, а также вращающий момент сил, действующих на катушку со стороны поля. [12 А·м²; 0,10 Н·м]

9. В однородном магнитном поле с индукцией 0,84 Тл вращается рамка со стороной 5 см, состоящая из небольшого числа витков медного провода сечением 0,5 мм². Концы рамки соединены накоротко. Максимальное значение силы тока, индуцируемого в рамке при вращении, равно 1,9 А. С какой частотой вращается рамка? Как нужно изменить скорость вращения рамки, чтобы при замене медного провода на железный сила тока в цепи осталась неизменной? [1 об/с]

10. Период колебаний шарика, прикреплённого к пружине, равен 0,55с. Проходя через положение равновесия, шарик движется со скоростью 0,25 м/с. Какова амплитуда колебаний? [2,2 см]

11. Груз на пружине массой 10 г совершает гармонические колебания с периодом 2,0 с. Масса груза 10 кг, полная энергия колебательной системы 10 Дж. Определить амплитуду колебаний и наибольшее значение возвращающей силы. [0,45 м; 44 Н]

12. Собственная частота колебательного контура равна 8,0 кГц, добротность контура – 72. В контуре возбуждаются затухающие

схеме, запрещены правилами отбора? Сколько всего показано запрещённых переходов? Найти изменение орбитального момента импульса для разрешённых переходов. [5; $\pm 1,41 h/2\pi$]

20. Покоящийся π^0 -мезон массой 0,14492 а.е.м. распадается на два γ -кванта. Определить энергию каждого кванта. [67,5 МэВ]

21. Масса некоторого газа, содержащегося в сосуде под давлением $2,53 \cdot 10^5$ Па, равна 1,50 г. Ёмкость сосуда 1000 мл. Найти среднюю квадратичную скорость молекул газа. [710 м/с]

22. Площадь бетонной стены, выходящей на улицу, равна 40 м^2 , коэффициент теплопроводности бетона $1,2 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. Толщина стены 60 см, температура воздуха снаружи равна $-20 \text{ }^\circ\text{C}$, а в комнате $+22 \text{ }^\circ\text{C}$. Определить потерю тепла через эту стену за сутки. [290 МДж]

23. На диаграмме в координатах «давление – объём» (рис. 16) изображён круговой процесс, проводимый с одноатомным идеальным газом. Начальная температура газа составляет $T_a = 300 \text{ К}$. Найти количество теплоты, подведённой к газу в ходе данного цикла. [1,08 кДж]

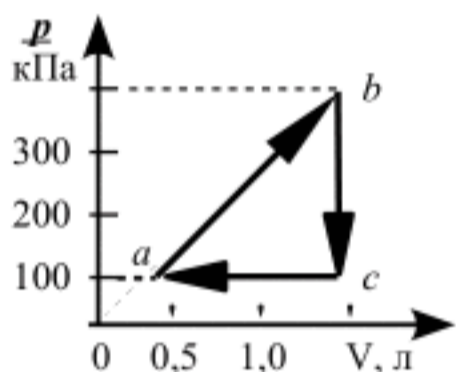


Рис. 16

24. Экспериментально установлено, что чем меньше выходное отверстие садового поливочного шланга, тем больше дальность полива. Дать теоретическое объяснение этого опытного факта.

25. Поршень длиной 10 см и диаметром 15 см перемещается внутри цилиндра. Зазор между поршнем и внутренней поверхностью цилиндра, равный 0,5 мм, заполнен жидкостью с вязкостью $0,8 \text{ Па}\cdot\text{с}$. Какова мощность, затрачиваемая на преодоление сил вязкого трения, в момент, когда скорость поршня составляет 10 м/с? [7,5 кВт]

Вариант 14

1. Расстояние ℓ от источника света до поверхности S , на которую падает световой поток, измерено многократно с помощью линейки (1 мм/дел): ℓ , мм 81 80 82 81 80. Вычислить световой поток по формуле $\Phi = IS/\ell^2$, где $I = 21 \text{ кд}$; $S = 0,4 \text{ см}^2$, и указать доверительный интервал $\Phi = \langle \Phi \rangle \pm \Delta\Phi$ с вероятностью $P = 0,95$.

2. Материальная точка движется по окружности радиуса $R = 0,5 \text{ м}$ против часовой стрелки согласно закону $s = 2t$, где s – пройденный путь; t – время движения, с. Запишите уравнения движения $x(t)$ и

$y(t)$, учитывая начальные условия: $x_0 = 0,5$ м; $y_0 = 0$ при $t_0 = 0$. Найти тангенциальное и нормальное ускорения точки. [8 м/с²]

3. Полная кинетическая энергия диска, катящегося по горизонтальной поверхности, равна 24 Дж. Определить кинетические энергии поступательного и вращательного движения диска. [16 Дж; 8 Дж]

4. Два горизонтально вращающихся один над другим диска расположены так, что плоскости их параллельны, а центры лежат на одной вертикали. Угловая скорость и момент инерции первого диска равны 10 рад/с и 2 гм², а второго диска — 5 рад/с и 4 гм². Первый диск падает на второй, и система вращается как единое целое. Рассчитать угловую скорость и изменение кинетической энергии вращающейся системы после падения первого диска на второй. [7 рад/с; 0,02 Дж]

5. Две квадратные пластины площадью 1,0 м² находятся на расстоянии 1,0 см друг от друга. Разность потенциалов между пластинами 1000 В. Какова поверхностная плотность заряда на пластинах? Найти силу кулоновского взаимодействия пластин, пренебрегая краевыми эффектами. [0,88 мкКл/м²; 44 мН]

6. Конденсаторы ёмкостями 1,0 и 10 мкФ зарядили до 300 и 400 В соответственно и затем соединили параллельно. Определить заряд на каждом конденсаторе после их соединения. [0,39 мКл; 3,9 мКл]

7. Зависимость силы тока от времени в проводнике задана таблицей (табл. 7). Сопротивление проводника $R = 5,0$ Ом. Оценить заряд, протекший через поперечное сечение проводника за время наблюдения. Если скорость нарастания тока со временем сохранится, то какое количество теплоты будет получено при пропускании тока в течение следующей миллисекунды (от 8 до 9 мс)? [0,08 Кл; 2,3 Дж]

Таблица 7

Изменение силы тока в зависимости от времени

| | | | | | | |
|----------|---|---|----|----|----|---|
| t , мс | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 9 |
| I , А | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | |

8. Длинный изолированный прямой провод с током образует посередине петлю в виде кольца радиуса 15 см (рис. 17). Индукция магнитного поля, созданного током в центре кольца, равна 50 мкТл. Найти силу тока в проводнике. [9,1 А]



Рис. 17

9. Плоский круговой контур, охватывающий площадь 100 см^2 , расположен в однородном магнитном поле с индукцией $0,2 \text{ Тл}$ перпендикулярно силовым линиям. Контур в течение $0,1 \text{ с}$ перегибают по диаметру так, что половина плоскости контура становится параллельной силовым линиям поля. Найти ЭДС, индуцируемую в контуре, если поворот части контура происходит за $0,1 \text{ с}$. [0,01 В]

10. Точка совершает гармонические колебания. В момент, когда точка сместилась на 5 см , скорость равна $0,2 \text{ м/с}$, а ускорение $0,8 \text{ м/с}^2$. Найти амплитуду и угловую частоту колебаний. [7,1 см; $4,0 \text{ с}^{-1}$]

11. Определить угловую частоту вертикальных колебаний груза массой $0,80 \text{ кг}$, закрепленного на двух пружинах между горизонтальными опорами. Жёсткость верхней пружины с одной стороны груза равна 1500 Н/м , жёсткость нижней – 500 Н/м . [50 с^{-1}]

12. Конденсатор ёмкостью $25,3 \text{ мкФ}$ зарядили до максимального напряжения 40 В и замкнули на катушку индуктивностью $6,3 \text{ Гн}$. Пренебрегая сопротивлением контура, определить амплитуду колебаний силы тока в данном контуре. [80 мА]

13. Интенсивность звука равна 50 мВт/м^2 на расстоянии 10 м от источника. Найти среднюю объёмную плотность энергии на этом расстоянии. Звук распространяется в воздухе при нормальных условиях. Считая источник звука точечным, найти его мощность. [0,15 мДж/м³; 63 Вт]

14. Угол между плоскостями поляризации поляризатора и анализатора составляет 45° . Во сколько раз изменится интенсивность проходящего света через них, если этот угол увеличить до 60° ? [2]

15. Две узкие щели расположены так близко друг к другу, что расстояние между ними трудно установить прямым измерением. При освещении щелей светом с длиной волны $0,5 \text{ мкм}$ оказалось, что на экране, расположенном на расстоянии 4 м от щелей, соседние светлые линии интерференционной картины отстоят друг от друга на 2 см . Каково расстояние между щелями? [0,1 мм]

16. При нормальном падении излучения на дифракционную решётку шириной 10 мм обнаружено, что компоненты жёлтой линии натрия ($589,0 \text{ нм}$ и $589,6 \text{ нм}$) видны отдельно (разрешены), начиная со спектра пятого порядка. Оценить период этой решётки. При какой ширине решётки с таким же периодом можно разрешить в третьем порядке дублет спектральной линии с длиной волны $460,0 \text{ нм}$, компоненты которого отличаются на $0,13 \text{ нм}$? [0,05 мм; 5,9 мм]

17. На идеально отражающую поверхность нормально падает монохроматический свет с длиной волны 0,55 мкм. Поток излучения составляет 0,45 Вт. Определите число фотонов, падающих на поверхность за время 3,0 с, и силу давления, испытываемую этой поверхностью. [3,7·10¹⁸; 3,0 нН]

18. Электрическая печь имеет мощность 500 Вт. Температура её внутренней поверхности равна 700 °С при открытом отверстии печи диаметром 5,0 см. Какая часть потребляемой мощности рассеивается стенками? [0,80]

19. Учитывая число возможных состояний, соответствующих главному квантовому числу $n = 5$ и правило отбора, построить на энергетической диаграмме спектральные переходы атома водорода, образующие серию Лаймана. Определить их количество. Вычислить изменение орбитального момента импульса. [4; ±1,41ħ]

20. Изотоп урана U-234 содержится в природном уране в количестве 0,0058 %. Уран-234 является продуктом распада ядер U-238, период полураспада которого 4,51 млрд лет. Найти период полураспада изотопа U-234. [2,6·10⁵ лет]

21. Плотность смеси газов водорода (H₂) и азота (N₂) составляет 0,32 г/л при температуре 47 °С и давлении 202 кПа. Найти концентрацию молекул водорода в смеси и их наиболее вероятную скорость. [4,2·10²⁵ м⁻³; 1,6 км/с]

22. Между двумя пластинами, отстоящими друг от друга на расстоянии 1 мм, находится воздух при нормальных условиях. Площадь каждой пластины 100 см². Между пластинами поддерживается разность температур 1 К. Какое количество теплоты передаётся от одной пластины к другой за 10 мин? Диаметр молекулы воздуха составляет 0,3 нм. [0,08 кДж]

23. Диаметр цилиндра двигателя ВАЗ-21083 равен 82,0 мм, ход поршня 71 мм. Начальное давление 100 кПа, начальная температура рабочей смеси 127 °С, степень сжатия $V_1/V_2 = 9,9$. Найти объём камеры сжатия, температуру и давление в конце сжатия, работу сжатия. Рабочую смесь считать двухатомным идеальным газом, а процесс сжатия – адиабатным. [0,042 л; 1,0 кК; 2,5 МПа; 1,04 Дж]

24. Сколько литров воды вытекает из отверстия в стенке сосуда за 10 мин, если уровень воды находится на высоте 1,5 м над отверстием, а диаметр отверстия составляет 5,0 мм, что много меньше диаметра сосуда? [64 л]

25. Определить наибольшую плотность несмачиваемой жидкостью проволоки диаметром D при условии, что проволока будет держаться на поверхности жидкости. Коэффициент поверхностного натяжения σ . Архимедовой силой пренебречь. $[\rho \leq 8\sigma/(\pi D^2 g)]$

Вариант 15

1. Вычислить магнитный момент витка $p_m = I\pi r^2$, где $\pi = 3,14$, по результатам многократных измерений силы тока в витке амперметром (3 А; 1,5) и диаметра витка штангенциркулем (0,05 мм/дел):

$I, \text{ А}$ 1,3 1,2 1,4 1,5 1,4; $d, \text{ мм}$ 42,40 42,40 42,35 42,40.

2. Точка на ободе колеса радиусом 20 см начинает двигаться с постоянным тангенциальным ускорением $5,0 \text{ см/с}^2$. В какой момент времени от начала движения вектор нормального ускорения образует с вектором полного ускорения угол $\pi/6$ рад? [2,6 с]

3. На барабан радиусом 0,2 м намотан трос, на конце которого закреплен груз 3 Мг. Момент инерции барабана равен $0,02 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$. Груз опускается со скоростью 2 м/с. Найти момент силы, под действием которого барабан остановится за 6 с. [0,2 кН·м]

4. Платформа в виде сплошного диска свободно вращается вокруг неподвижной вертикальной оси. На краю платформы стоит человек и затем переходит ближе к центру платформы на расстояние, равное половине радиуса. Масса платформы в 3 раза больше массы человека. Как и во сколько раз изменится угловая скорость вращения? [1,43]

5. Стержень длиной L заряжен с постоянной линейной плотностью τ . Найти силу кулоновского взаимодействия, между стержнем и точечным зарядом q , удалённым вдоль стержня от ближайшего конца на расстояние r . Рассмотреть два случая: а) $r_1 = 0,10 L$; б) $r_2 = 10 L$.

$$[F_1 = 9,1k\tau q / L; F_2 = 0,010k\tau q / L, \text{ где } k = 1 / (4\pi\epsilon\epsilon_0)]$$

6. Найти работу кулоновских сил по удалению точечного заряда на $\Delta x = 2,0 \text{ см}$ от бесконечной заряженной плоскости. Поверхностная плотность заряда на плоскости $\sigma = 8,85 \cdot 10^{-9} \text{ Кл/м}^2$. [20 нДж]

7. ЭДС гальванического элемента $\mathcal{E} = 1,6 \text{ В}$, его внутреннее сопротивление $r = 0,5 \text{ Ом}$. Выразить КПД элемента как функцию силы тока. При какой силе тока КПД имеет максимальное значение? равен нулю? Чему равен КПД при силе тока 2,4 А?

$$[\eta = 1 - Ir/\mathcal{E}; 0; 3,2\text{А}; 25 \text{ \%}]$$

8. По тонкому проволочному полукольцу радиусом 50 см пропускают электрический ток силой 3,0 А. Какая сила будет растягивать полукольцо, если перпендикулярно его плоскости возбудить однородное магнитное поле с индукцией 0,10 Тл? [0,30 Н]

9. Проволочная рамка в виде квадрата со стороной a находится в магнитном поле прямолинейного длинного проводника, по которому течёт ток силой I . Рамка удаляется со скоростью v , оставаясь в той же плоскости, что и проводник. Найти ЭДС, индуцированную в рамке, как функцию расстояния x от проводника. [$\mu_0 I v a^2 / (2\pi x(x+a))$]

10. Точка участвует одновременно в двух взаимно перпендикулярных колебаниях: $x = 2,0 \sin \pi t$ и $y = -1,0 \cos \pi t$, где x и y – смещения, см; t – время, с. Записать уравнение траектории $y(x)$ и изобразить её графически. Определить скорость и ускорение точки в момент времени 0,50 с. [$x^2/4 + y^2/1 = 1$; 3,1 см/с; 20 см/с²]

11. На конце стержня длиной 1,0 м и массой 2,0 кг укреплен груз 1,0 кг. Стержень подвешен на горизонтальной оси, проходящей через его свободный конец. Определить период колебаний данного маятника. [1,8 с]

12. Колебательный контур обладает ёмкостью 7 мкФ, индуктивностью 0,23 Гн и активным сопротивлением 40 Ом. Определить период колебаний в контуре и логарифмический декремент затухания. [8 мс; 0,7]

13. Какой длины должна быть открытая с обоих концов органная труба, чтобы основная частота её звучания при температуре воздуха 20 °С была равной 264 Гц? [650 мм]

14. Под каким углом к горизонту должно находиться Солнце, чтобы лучи, отражённые от гладкой водной поверхности, были бы максимально поляризованы? [37°]

15. Найти расстояние между двумя параллельными щелями, с помощью которых можно было бы наблюдать на удалённом экране интерференционные полосы с угловой шириной 1° .¹² Щели освещены рентгеновскими лучами с длиной волны 0,5 нм. В чём трудность наблюдения интерференции рентгеновских лучей? [0,03 мкм]

16. На дифракционную решётку, содержащую 500 штрихов на 1 мм, падает белый свет в направлении нормали к её поверхности. Спектр проецируется помещённой вблизи решётки линзой на экран. Определить длину видимого спектра первого порядка на экране, если

¹² Линейная ширина полосы – это расстояние между соседними минимумами. Угловая ширина максимума – разность углов, определяющих направления на эти минимумы.

расстояние между линзой и экраном равно 3 м. Длины волн видимого спектра находятся в пределах от 380 до 780 нм. [0,6 м]

17. Давление монохроматического света с длиной волны 600 нм на зачернённую поверхность, расположенную перпендикулярно падающему излучению, составляет 0,10 мкПа. Определить концентрацию фотонов в световом пучке и число фотонов, падающих каждую секунду на 1,0 м² поверхности. [3,0·10¹¹ м⁻³; 9,0·10¹⁹]

18. Нить накала электрической лампы находится при температуре 2500 К. На какую часть спектра электромагнитных излучений (видимую, инфракрасную или ультрафиолетовую) приходится максимум распределения энергии в спектре излучения лампы?

19. Параллельный пучок моноэнергетических электронов направлен нормально на узкую щель шириной 1,0 мкм. Определить скорость этих электронов, если на экране, отстоящем на расстоянии 20 см от щели, ширина центрального дифракционного максимума составляет 48 мкм. [6,1 Мм/с]

20. При окислении (горении) водорода освобождается энергия 120 Мдж на каждый килограмм водорода. Ядерный синтез дейтерия и трития с образованием гелия-4: ${}_1^2\text{H} + {}_1^3\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_0^1\text{n}$, даёт 17,6 МэВ энергии на каждые пять нуклонов. Во сколько раз энергетический выход на килограмм исходных продуктов при превращении водорода в гелий больше, чем при превращении водорода H_2 в воду? [2,8·10⁶]

21. Определить среднюю квадратичную скорость четырёх молекул, движущихся со скоростями 100, 200, 300 и 400 м/с, и сравнить со средней арифметической скоростью данных молекул. Почему температура и энтропия, будучи вычисленными для данной системы частиц, не имели бы физического смысла?

$$[v_{\text{кв}} = 274 \text{ м/с}; \langle v \rangle = 250 \text{ м/с}]$$

22. Исходя из закона $\eta = (1/3) \cdot m_0 \cdot n \cdot \langle \ell \rangle \cdot \langle v \rangle$, где η – динамическая вязкость; m_0 – масса одной молекулы; n – концентрация; $\langle \ell \rangle$ – средняя длина свободного пробега; $\langle v \rangle$ – средняя скорость молекул, вывести зависимость вязкости азота от абсолютной температуры. На сколько процентов изменяется вязкость азота в интервале температур от –23 до +27 °С при постоянном давлении 101,3 кПа?

$$[\eta = A\sqrt{T}, \text{ где } \eta \text{ – вязкость газа, мкПа}\cdot\text{с}; \\ A = 1,07 \text{ мкПа}\cdot\text{с}\cdot\text{К}^{-1/2}; T \text{ – температура, К; на } 7,4 \text{ \%}]$$

23. В баллоне объёмом 5,6 л находится кислород при температуре 66 °С и давлении 0,25 МПа. Для нагрева газа до 68 °С ему сооб-

щили количество теплоты 21 Дж. Какова удельная теплоёмкость кислорода при этих условиях? [656 Дж/(кг·К)]

24. По трубопроводу, размеры которого указаны на рис. 18, прокачивают воду в количестве 108 кубических метров в час. Давление в трубопроводе перед сужением 200 кПа. Каково давление в трубопроводе после сужения?

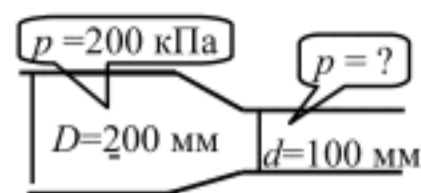


Рис. 18

[193 кПа]

25. Пробковый шарик диаметром 6,0 мм всплывает в сосуде, наполненном касторовым маслом. Плотности касторового масла и пробки равны 0,96 и 0,20 г/см³ соответственно. Скорость шарика постоянна и равна 1,5 см/с. Определить динамическую η и кинематическую ν вязкости касторового масла. [$\eta = 0,99 \text{ Па}\cdot\text{с}$; $\nu = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$]

Вариант 16

1. Найти доверительный интервал, в котором находится с вероятностью $P = 0,95$ истинное значение длины световой волны $\lambda = \frac{1}{2}d \sin \varphi$, где $d = 2,00 \text{ мкм}$, по результатам многократных измерений угла дифракции гониометром (0,5 град/дел): φ , град 4,0 4,5 4,0 4,5.

2. Автомобиль начинает движение по горизонтальной дороге с постоянным тангенциальным ускорением a_t , описывая окружность радиуса R . Коэффициент трения между колесами машины и дорожным покрытием равен k . Какой путь s пройдёт автомобиль без скольжения? [$s = 0,5 R \sqrt{(k g / a_t)^2 - 1}$]

3. Цилиндр массой 12 кг и диаметром 30 см вращается вокруг своей оси согласно уравнению $\varphi = 4 - 2t + 0,2t^3$, где φ – угол поворота, рад; t – время, с. Определить момент сил, действующий на цилиндр, через 3 с после начала вращения. [0,5 Н·м]

4. Сплошной диск катится по горизонтальной плоскости со скоростью 4 м/с. Какое расстояние пройдет диск до остановки, если его предоставить самому себе? Коэффициент трения равен 0,02. [0,06 км]

5. Бесконечная равномерно заряженная плоскость имеет поверхностную плотность заряда 9,0 мкКл/м². Над ней находится сплошной алюминиевый шарик с зарядом 0,367 мкКл. Каким должен быть радиус шарика, чтобы он не упал? [$R > 12 \text{ мм}$]

6. Два одинаковых плоских конденсатора заряжены до разности потенциалов 100 и 200 В. Определить разность потенциалов между

обкладками второго конденсатора после последовательного соединения конденсаторов разноимёнными обкладками. [100 В]

7. Оценить заряд, протекший через поперечное сечение проводника, и количество выделенной теплоты за время наблюдения по данным табл. 8. [80 мКл; 16 Дж]

Таблица 8

Изменение силы тока в проводнике

| | | | | | | | |
|-----------------|---|---|-----|----|----|------|----|
| $t, \text{ мс}$ | 0 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 |
| $I, \text{ А}$ | 0 | 5 | 7,5 | 10 | 15 | 17,5 | 20 |

8. Квадратный проводящий контур со стороной 20 см и током 10А свободно подвешен в однородном магнитном поле с индукцией 0,20 Тл. Определить работу, которую необходимо совершить, чтобы повернуть контур на 180° вокруг оси, перпендикулярной направлению магнитного поля. [0,16 Дж]

9. Магнитный поток через поверхность, ограниченную проводящим витком радиусом 5,0 см, изменяется с 50,6 до 32,0 мВб за 5,9 мс. Найти напряженность вихревого электрического поля в витке. [10 В/м]

10. За какую часть периода частица, совершающая гармонические колебания, проходит первую половину пути от среднего положения до крайнего? вторую половину этого пути? [$t_1 = T/12$; $t_2 = T/6$]

11. Колеблющееся тело теряет 60 % своей энергии за 50 с. Начальная амплитуда равна 2,7 см. Записать закон изменения амплитуды. [$A = 0,027 \exp(-9,2 \cdot 10^{-3} t)$, где A – амплитуда, м; t – время, с]

12. Радиоприемник настроен в резонанс с передающей радиостанцией на частоте 106 МГц при ёмкости приёмного колебательного контура C_0 . Определить диапазон принимаемых частот, если, не меняя индуктивности, можно увеличивать и уменьшать его ёмкость от $C_1 = 9C_0$ до $C_2 = C_0/9$. [от 318 до 35,3 МГц]

13. Наличие дефектов в стальной детали определяется методом ультразвуковой дефектоскопии. Импульс частотой 500 кГц, отражённый от дефекта, возвратился к поверхности детали через 8,0 мкс после посылки. Длина звуковой волны в стали равна 10 мм. На какой глубине находится дефект? Оценить минимальный размер неоднородностей в стали, которые можно обнаружить с помощью данного метода. [20 мм; 1,0 см]

14. Во сколько раз ослабляется интенсивность света, проходящего через два поляроида, плоскости пропускания которых образуют угол 30° , если в каждом из поляроидов в отдельности теряется 10 % интенсивности падающего на него света? [3,3]

15. При интерференции света ($\lambda_0 = 0,5$ мкм) от двух параллельных щелей оказалось, что на экране, удалённом от щелей на 4 м, соседние светлые полосы отстоят друг от друга на 2 см. Каково будет расстояние между этими же полосами, если опыт производить не в воздухе, как раньше, а в воде? Скорость света в воде составляет около $0,75 c$, где c – скорость света в вакууме. [1,5 см]

16. Дифракционная решётка с периодом 35 мкм позволяет наблюдать отдельно две спектральные линии на длине волны $\lambda = 0,58$ мкм, различающиеся не более чем на $\Delta\lambda = 2,0$ нм. Определить общее число штрихов и длину решётки. [290; 10 мм]

17. При освещении катода вакуумного фотоэлемента монохроматическим светом ($\lambda = 310$ нм) фототок прекращается при некотором задерживающем напряжении. При увеличении длины волны на 25 % задерживающее напряжение оказывается меньше на 0,80 В. Какое значение постоянной Планка получено по этим экспериментальным данным? Сравнить это значение с табличным.

18. На диаграмме (рис. 19) изображена зависимость спектральной плотности энергетической светимости от длины волны. Определить температуру чёрного тела и его энергетическую светимость. [2,9 кК; $4,0$ МВт/м²]

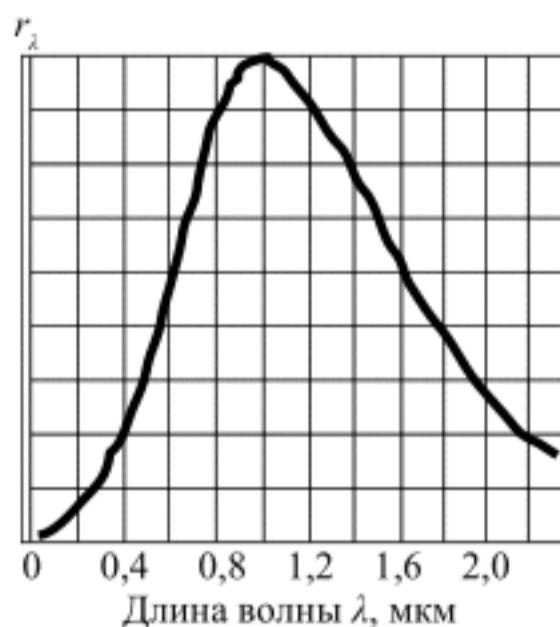


Рис. 19

19. Пучок электронов ускоряется в электронно-лучевой трубке электрическим полем с разностью потенциалов 1,0 кВ. Зная, что неопределённость скорости составляет 0,10 % от её числового значения, найти неопределённость координаты электрона. Являются ли электроны в данных условиях классическими частицами? [3,1 нм; да]

20. Радиоактивные изотопы йод-131 и кобальт-60 имеют соответственно периоды полураспада 8 суток и 5,3 года. Удельная активность какого изотопа больше и во сколько раз? [Йод-131; в 10^2 раз]

21. Водород находится при температуре 200 К и давлении 4,0 кПа. Газ нагрели до температуры 1000 К, при которой молекулы

водорода практически полностью распадаются на атомы. При этом объём и масса остались без изменения. Найти конечное давление газа.
[40 кПа]

22. Вычислить коэффициенты диффузии и внутреннего трения азота при нормальных условиях. Эффективный диаметр молекулы газа принять равным 0,31 нм.
[$1,4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$; 17 мкПа·с]

23. Смесь газов состоит из неона ($m_1 = 40 \text{ г}$) и водорода ($m_2 = 10 \text{ г}$). Найти удельные теплоёмкости данной смеси газов при постоянном давлении и при постоянном объеме.
[3,8 и 2,6 кДж/(кг·К)]

24. Из отверстия брандспойта площадью $S_0 = 1,5 \text{ см}^2$ вертикально вверх бьёт струя воды. Расход воды $Q = 120 \text{ л/мин}$. Какова площадь поперечного сечения струи на высоте $h = 6,0 \text{ м}$ над отверстием?
[$S = 2,6 \text{ см}^2$]

25. Поршень длиной 10 см и диаметром 15 см перемещается внутри цилиндра. Зазор между поршнем и внутренней поверхностью цилиндра, равный 0,5 мм, заполнен жидкостью с вязкостью 0,8 Па·с. Найти работу сил вязкого трения при перемещении поршня с постоянной скоростью на 15 см за 0,3 с.
[6 Дж]

Вариант 17

1. Вычислить плотность тела кубической формы $\rho = m/a^3$ по результатам многократных измерений массы с помощью весов (0,05 г/дел) и ребра куба микрометром (0,01 мм/дел):

$m, \text{ г}$ 7,75 7,70 7,80 7,80; $a, \text{ мм}$ 10,02 10,01 9,97 9,98.

2. Камень брошен с вышки в горизонтальном направлении с начальной скоростью 30 м/с. Определить скорость, тангенциальное и нормальное ускорения камня в конце второй секунды падения.
[36 м/с; 5,4 м/с²; 8,2 м/с²]

3. Уравнение $\varphi = t + t^2$, где φ – угол поворота, рад; t – время, с, описывает движение маховика с моментом инерции 2 кг·м². Найти угловое ускорение и момент импульса маховика через 2 с после начала отсчёта времени.
[2 рад/с²; 10 кг·м²/с]

4. Автомобиль приводится в движение маховиком, раскрученным на стоянке до частоты 200 об/с. Можно полагать, что вся масса маховика 100 кг сосредоточена на внешнем ободе радиусом 0,30 м. Сила сопротивления, действующая на автомобиль, равна 2,0 кН. Какой путь пройдёт автомобиль до полной остановки?
[3,5 км]

5. Две одинаковые пластины в виде круга площадью 100 см^2 каждая расположены параллельно друг другу. Заряд одной пластины равен 100 нКл , другой минус 200 нКл . Определить силу кулоновского взаимодействия этих пластин, если расстояние между ними составляет: а) $2,0 \text{ мм}$; б) $2,0 \text{ м}$. [0,11 Н; 45 мкН]

6. Уединённый металлический шар радиусом $1,0 \text{ м}$ заряжен до потенциала 100 кВ . Какое количество теплоты выделится, если шар соединить проводником с землей? [0,55 Дж]

7. Два аккумулятора, ЭДС которых 12 и 6 В и внутренние сопротивления $0,1$ и $0,2 \text{ Ом}$ соответственно, замкнули друг на друга разноименными полюсами. Определить силу тока через аккумуляторы и разность потенциалов на полюсах источников тока. [0,06 кА; 6 В]

8. Рамка гальванометра длиной $4,0 \text{ см}$ и шириной $1,5 \text{ см}$, содержащая 200 витков тонкой проволоки, находится в магнитном поле с индукцией 100 мТл . Плоскость рамки параллельна линиям индукции. Сила тока в рамке равна $1,0 \text{ мА}$. Найти: магнитный момент рамки и момент силы, действующий на рамку. [12 мкН·м; $0,12 \text{ мА} \cdot \text{м}^2$]

9. Виток площадью $1,00 \text{ м}^2$ расположен перпендикулярно силовым линиям поля, магнитная индукция которого изменяется по закону $B = 0,5(1 + 4t)$, где B – индукция магнитного поля, Тл; t – время, с. Изобразить графически зависимость ЭДС индукции в витке от времени в интервале от 0 до 10 с .

10. Складываются два синфазных гармонических колебания в одном направлении с амплитудами $A_1 = 2 \text{ см}$; $A_2 = 4 \text{ см}$, с одинаковым периодом 2 с . Найти уравнение результирующего колебания $x(t)$ и изобразить график $x(t)$ на диаграмме в координатах «смещение – время». [$x = 6 \cdot \sin \pi t$]

11. Определить период колебаний груза массой 100 кг , подвешенного на двух параллельных пружинах с жёсткостями 1 и 9 кН/м . [0,6 с]

12. Индуктивность катушки колебательного контура $L = 5 \text{ мГн}$, её омическое сопротивление $R = 8 \text{ Ом}$. Сила тока в контуре за 5 полных колебаний уменьшается в 3 раза. Рассчитать: а) электроёмкость и добротность данного контура; б) во сколько раз уменьшится энергия системы за 5 колебаний. [0,3 мкФ; 16; 9 раз]

13. Медный стержень длины 50 см закреплен в середине. Найти число собственных продольных колебаний этого стержня в диапазоне от 20 до 50 кГц . Каковы их частоты?

[4; $3,8(2n + 1) \text{ кГц}$, где $n = 3, 4, 5, 6$; 27, 34, 42, 49 кГц]

14. Максимальный ток в колебательном контуре равен 10 мА, максимальное напряжение на конденсаторе 25 В, индуктивность контура 1,0 мкГн. Пренебрегая активным сопротивлением контура, определить длину волны, на которую настроен колебательный контур.

[75 см]

15. Установка для наблюдения колец Ньютона освещается монохроматическим светом, падающим нормально. При заполнении пространства между линзой и стеклянной пластинкой прозрачной жидкостью радиусы тёмных колец в отражённом свете уменьшились в 1,21 раза. Какое значение показателя преломления жидкости получено в данном опыте?

[1,46]

16. На щель шириной 0,1 мм падает пучок монохроматического света ($\lambda = 500$ нм). Дифракционная картина наблюдается на экране, находящемся в фокальной плоскости линзы, оптическая сила которой 0,5 дптр. Определить ширину второго максимума¹³.

[1 см]

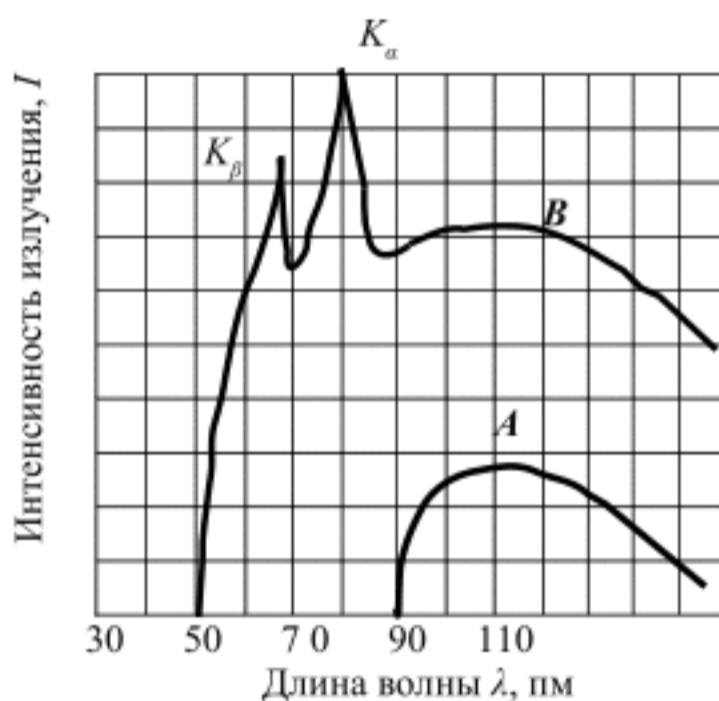


Рис. 20

17. На диаграмме (рис. 20) изображены два рентгеновских спектра. Найти максимальную кинетическую энергию электронов, падающих на антиматод рентгеновской трубки и вызывающих электромагнитное излучение, описанное спектром A. [21 кэВ]

18. Определить энергетическую светимость Земли и длину волны, соответствующую максимуму в спектре её излучения. Считать Землю чёрным телом с температурой излучающей поверхности 7,0 С. [0,35 кВт/м²; 10 мкм]

19. Найти длину волны де Бройля для атома водорода, движущегося при температуре 293 К с наиболее вероятной скоростью. [180 пм]

20. Используя таблицы атомных масс, найти энергию, освобождающуюся при α -распаде ядра Po-210. Учитывая, что импульсы осколков равны и направлены в противоположные стороны (по закону сохранения импульса), определить, во сколько раз кинетическая энергия дочернего ядра меньше энергии α -частицы.

[5,42 МэВ; 51,5 раз]

¹³ Ширина максимума принимается равной расстоянию между соседними минимумами.

21. Во сколько раз уменьшается длина свободного пробега молекул двухатомного газа, когда давление газа возрастает вдвое в результате: а) изохорного нагревания; б) адиабатного сжатия?

[а) не изменяется; б) в 1,64 раза]

22. Рассчитать мощность нагревателя, способного поддерживать температуру $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ в теплице с двумя рамами, расстояние между которыми 10 см. Температура окружающей среды $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Площадь каждой рамы 10 м^2 . Считать, что тепло теряется только за счёт теплопроводности воздуха между рамами при средней его температуре 278 К. Диаметр молекулы воздуха 0,28 нм. [45 Вт]

23. Какое количество теплоты надо сообщить смеси газов, состоящей из 100 г водорода и 200 г гелия, для изохорного нагревания данной смеси на 10,0 К? [16,6 кДж]

24. Цилиндр насоса имеет диаметр 20 см. В нём движется со скоростью 1,0 м/с поршень, выталкивающий воду через отверстие диаметром 2,0 см. С какой скоростью будет вытекать вода? Каково избыточное давление в цилиндре? [100 м/с; 5,0 МПа]

25. Ареометр плавает в жидкости, полностью смачивающей его стенки. Диаметр вертикальной цилиндрической трубки ареометра 9,0 мм. Плотность жидкости 800 кг/м^3 , поверхностное натяжение 30 мН/м. На сколько изменится глубина погружения ареометра, если вследствие замасливания ареометр стал полностью не смачиваемым этой жидкостью? [3,4 мм]

Вариант 18

1. Вычислить период колебаний маятника $T = 2\pi \cdot \sqrt{l/g}$ по результатам многократных измерений длины маятника с помощью рулетки с ценой деления 1 мм/дел: l , см 66,5 66,7 66,4 66,7 66,8 66,6. Ускорение свободного падения $g = 9,82\text{ м/с}^2$.

2. Максимальная скорость, которую может развить автомобиль на скользкой дороге, равна 54 км/ч, если сила сопротивления движению пропорциональна квадрату скорости ($F = kv^2$). Коэффициент трения скольжения между шинами и дорогой равен $\mu = 0,10$. Определить значение k для автомобиля массой 1200 кг. [5,2 кг/м]

3. Стержень длиной 20 см и массой 1,2 кг вращается вокруг оси, проходящей через его середину, согласно уравнению $\varphi = 2 + 0,20t^3$, где φ – угол поворота, рад; t – время, с. Определить вращающий момент, действующий на стержень через 2 с после начала вращения. [9,6 мН·м]

4. Для определения момента инерции колеса использовали маховик с известным моментом инерции $1 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$, вращающийся вокруг вертикальной оси частотой $\nu_1 = 2 \text{ об/с}$. Неподвижное колесо сверху одели на ось и уронили на маховик, после чего измерили частоту их совместного вращения $\nu_2 = 1 \text{ об/с}$. Какое значение момента инерции колеса получили данным способом? $[1 \text{ кг}\cdot\text{м}^2]$

5. Два одинаковых точечных заряда по $0,1 \text{ мкКл}$ помещены в точках $(0; \sqrt{3})$ и $(\sqrt{3}; 0)$ прямоугольной системы координат. Определить силу (модуль и направление), действующую на заряд 10 мкКл , помещённый в точку $(0; 0)$. Координаты точек даны в метрах. $[4 \text{ мН}]$

6. Плоский воздушный конденсатор зарядили до разности потенциалов 50 В и отключили от источника. Затем между обкладками вставили стеклянную пластину ($\epsilon = 6$). Определить установившуюся при этом разность потенциалов. $[8 \text{ В}]$

7. Если провод высоковольтной линии напряжением 10 кВ коснётся земли, то в результате этого на поверхности земли по радиусу от точки касания создаётся «шаговое напряжение». Будет ли поражен ток человек на расстоянии 2 м от провода, выходя из опасной зоны, если длина его шага $0,8 \text{ м}$? Считать, что потенциал электрического поля уменьшается по закону $\varphi = \varphi_0 / (1 + \alpha r)$, где $\varphi_0 = 10 \text{ кВ}$; $\alpha = 1,0 \text{ м}^{-1}$. Сопротивление человека 50 кОм , допускаемая сила тока 2 мА .

8. На квадратную рамку с током I в магнитном поле с индукцией $B = 50 \text{ мТл}$ действует вращающий момент $1,2 \text{ мН}\cdot\text{м}$. Рамка закреплена так, что её плоскость параллельна вектору \vec{B} , а ось вращения перпендикулярна \vec{B} . Площадь рамки 100 см^2 . После того, как рамку освободили, она, повернувшись на 90° , приобрела угловую скорость 10 рад/с . Определить силу тока в рамке и её момент инерции. $[2,4 \text{ А}; 24 \cdot 10^{-6} \text{ кг}\cdot\text{м}^2]$

9. Круговой проволочный виток площадью 100 см^2 находится в однородном магнитном поле с индукцией 1 Тл . Найти среднее значение ЭДС индукции в витке при ослаблении индукции поля до нуля в течение 10 мс . Плоскость витка составляет угол 30° с направлением вектора магнитной индукции. $[0,5 \text{ В}]$

10. Складываются два гармонических колебания $x_1 = 3,0 \cos 2\pi t$ и $x_2 = 3,0 \cos(2\pi t + \pi/8)$, где x_1 и x_2 – смещения, см; t – время, с. Найти амплитуду и начальную фазу результирующего колебания методом сложения вращающихся векторов амплитуд. Записать уравнение результирующего колебания. $[5,5 \text{ см}; \pi/8; x = 5,5 \cos(2\pi t + \pi/8), \text{ см}]$

11. Определить период вертикальных колебаний диска, плавающего на поверхности жидкости, при выведении его из положения равновесия. Масса диска m , площадь поперечного сечения S , плотность жидкости ρ .
[$T = 2\pi \sqrt{m/(\rho gS)}$]

12. Разность потенциалов на обкладках конденсатора в колебательном контуре изменяется по закону $u = 50 \cos 10^4 \pi t$, где u – разность потенциалов, В; t – время, с. Ёмкость конденсатора $C = 0,90$ мкФ. Найти индуктивность контура и амплитуду колебаний силы тока.
[1,1 мГн; 1,4 А]

13. Труба, закрытая с одного конца, при возбуждении в ней звуковых колебаний издаёт основной тон на частоте 130,5 Гц. Какова длина трубы? Какой будет основная частота, если трубу открыть? Скорость звука в воздухе равна 340 м/с.
[650 мм; 261 Гц]

14. Чему равен угол Брюстера для стекла ($n = 1,56$), погружённого в воду? Как изменится угол Брюстера, если стекло поместить в сероуглерод ($n = 1,63$)?
[49,6°]

15. В тонкой клинообразной пластинке из стекла с показателем преломления 1,5 наблюдаются тёмные интерференционные полосы. Угол между гранями пластинки 20,6". Наблюдение ведётся в отражённом свете при нормальном падении лучей с длиной волны 450 нм. Найти расстояние между соседними полосами.
[1,5 мм]

16. Под углом 30° наблюдается четвёртый максимум для красной линии кадмия ($\lambda = 644$ нм). Определить период дифракционной решётки и её ширину, если решётка разрешает (позволяет видеть отдельно) спектральные линии с разностью длин волн $\delta\lambda = 0,322$ нм.
[5,15·10⁻³ мм; 2,58 мм]

17. Фотон с энергией 0,40 МэВ рассеялся под углом 90° на свободном электроны. Определить энергию рассеянного фотона и кинетическую энергию электрона отдачи.
[0,22 МэВ; 0,18 МэВ]

18. Какой температуре чёрного тела соответствует кривая на диаграмме (см. рис. 19) зависимости плотности энергетической светимости от длины волны? Какой процент излучаемой энергии приходится на долю видимого спектра (от 0,40 до 0,80 мкм) при данной температуре тела?
[2,9 кК; около 20 %]

19. При движении вдоль оси Ox неопределённость скорости частицы составляет $\Delta v_x = 1$ см/с. Вычислить неопределённость координаты Δx для электрона и для броуновской частицы массой 0,1 пг.
[6 мм; 0,06 фм]

20. Вода из подземного радиоактивного источника содержит изотопы радия и радона. Радиоактивность обусловлена содержанием изотопов $Ra-226$ и $Rn-222$. Найти массы радия и радона в одном литре воды объёмной активностью 2,2 ГБк/л. [30 мг и 0,19 мкг]

21. Смесь водорода и гелия массой общей массой $m = 10$ г содержится в баллоне ёмкостью 40 л при температуре 20 °С. Давление газа равно 0,2 МПа. Каково отношение массы гелия к массе водорода? [1,1]

22. В топке парового котла сжигается 200 кг топлива в час с теплотой сгорания 41 МДж/кг. Какова доля теплоты, теряемой через стены топки в окружающую среду, в процентах от общего количества тепла, выделяемого при сгорании? Площадь поверхности стен топки равна 96 м², толщина стены 50 см, теплопроводность кладки составляет 1,2 Вт/(м·К); температура с внутренней стороны 750, с наружной стороны 50 °С. [7,1%]

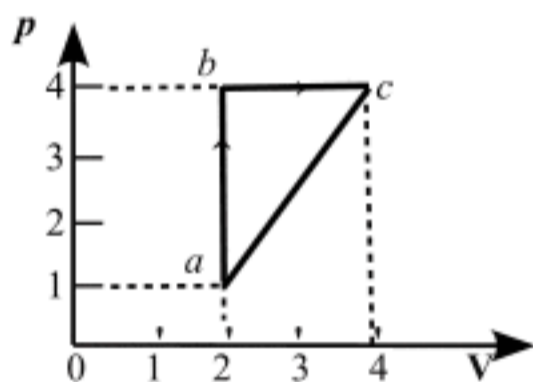


Рис. 21

23. Найти изменение энтропии одного моля воздуха в процессах $a - b$ и $b - c$, показанных на диаграмме (рис. 21), и суммарное изменение энтропии за весь цикл. Воздух считать двухатомным идеальным газом. [28,8 и 20,2 Дж/К]

24. Вода находится в горизонтальном цилиндре с подвижным поршнем. С какой постоянной силой нужно действовать на поршень, чтобы выдавить из цилиндра всю воду за время t через отверстие в торце? Объём воды в цилиндре равен V ; площадь сечения отверстия S_2 значительно меньше площади поршня S_1 . Вязкость жидкости пренебрежимо мала. [F = (ρV²S₁)/(2S₂²·t²)]

25. В дне сосуда с жидкостью имеются отверстия. Каким может быть наибольший диаметр отверстий при высоте столба жидкости h , чтобы жидкость из сосуда не выливалась? [d = 4σ/(ρgh)]

Вариант 19

1. Найти плотность шара $\rho = 6m/(\pi d^3)$ по результатам многократных измерений массы шара с помощью весов (0,02 г/дел) и его диаметра штангенциркулем (0,1 мм/дел):

m , г 60,5 60,6 60,4 60,5; d , мм 2,1 2,0 2,1 1,9 1,9.

2. На всём пути движения автомобиля массой 1500 кг действует сила трения, равная 17 кН. Какой может быть скорость машины, чтобы расстояние 10 м оказалось достаточным для её полной остановки? $[v < 54 \text{ км/ч}]$

3. Найти ускорение центра тяжести шара, скатывающегося без скольжения с наклонной плоскости. Плоскость образует с горизонтом угол α . $[a = (5/7)g \cdot \sin\alpha]$

4. Деревянный стержень массой 6,0 кг и длиной 1,0 м может вращаться в вертикальной плоскости относительно горизонтальной оси, проходящей через верхний конец стержня. В нижний конец стержня попадает пуля массой 10 г, летевшая со скоростью 1,0 км/с, направленной перпендикулярно стержню и оси, и застревает в нем. Определить кинетическую энергию стержня после удара. $[25 \text{ Дж}]$

5. В однородном электрическом поле с напряжённостью 60 кВ/м переместили на 20 см заряд 5 нКл. Вектор перемещения составляет угол 60° с направлением силовой линии поля. Найти разность потенциалов между конечной и начальной точками перемещения, совершённую работу и изменение потенциальной энергии заряда в электрическом поле. $[6 \text{ кВ}; 0,03 \text{ мДж}]$

6. Два конденсатора ёмкостями 5 и 8 мкФ соединены последовательно и присоединены к батарее с ЭДС 80 В. Определить заряды конденсаторов и разности потенциалов между их обкладками. $[0,25 \text{ мКл}; 49 \text{ В}; 31 \text{ В}]$

7. Определить неизвестное сопротивление R_x и потенциал точки B в электрической цепи (рис. 22). $R_0=4,0 \text{ Ом}$, $R_1=3,0 \text{ Ом}$, $R_2=8,0 \text{ Ом}$. Потенциал точки A равен 21 В. Потенциалы точек B и D одинаковы. Отрицательный полюс источника тока заземлён. $[R_x = 1,5 \text{ Ом}; \varphi_B = 15 \text{ В}]$

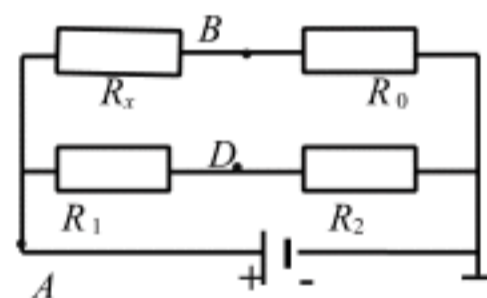


Рис. 22

8. Индукция магнитного поля в центре кругового витка составляет 63 мкТл. Магнитный момент витка – 6 А·м². Вычислить силу тока в витке и радиус витка. $[27 \text{ А}; 0,27 \text{ м}]$

9. Магнитная индукция в зазоре электромагнита меняется по закону $B = 0,01 \cos 2\pi t$, где B – индукция, Тл; t – время, с. Определить среднее значение ЭДС индукции в контуре площадью 1 м², расположенном параллельно полюсам магнита, за промежуток времени от 0 до 0,5 с. $[0,04 \text{ В}]$

10. Колебания тела совершаются по закону синуса с угловой частотой $10\pi \text{ с}^{-1}$, амплитудой 10 см и начальной фазой, равной нулю. Построить график зависимости смещения от времени в интервале от $t = 0$ до $t = T$, где T – период колебаний. Указать на графике точки, для которых скорость тела равна нулю.

11. Чему равен коэффициент затухания колебательной системы, если резонансная частота отличается от частоты собственных колебаний системы ($\nu_0 = 1000 \text{ Гц}$) на 10 Гц? $[6,3 \cdot 10^2 \text{ с}^{-1}]$

12. Колебательный контур содержит катушку индуктивностью 25 мГн, конденсатор ёмкостью 10 мкФ и резистор сопротивлением 1,0 Ом. Конденсатору сообщен заряд 1 мКл. Определить период колебаний в контуре, логарифмический декремент затухания и закон изменения напряжения на обкладках конденсатора в зависимости от времени.

$$[3,1 \text{ мс}; 0,63; u = 102 \cdot e^{-2,0t} \cos 637t,$$

где u – напряжение, В; t – время, с]

13. Плоская волна распространяется вдоль оси X . Смещение частицы среды $\xi = 50 \text{ мм}$ в момент времени $t = 0,5T$ (T – период колебаний). Определить амплитуду колебаний в точке, удалённой от источника колебаний на расстояние $x = \lambda/3$ (λ – длина волны).

$$[5,8 \text{ см}]$$

14. Свет, проходя через две призмы Николя теряет 10 % интенсивности на каждой из них из-за отражения и поглощения. Чему равен угол между плоскостями поляризации призм, если интенсивность естественного света, прошедшего через них, уменьшилась в 3,3 раза? $[30^\circ]$

15. Найти минимальную толщину плёнки с показателем преломления 1,33, при которой свет с длиной волны 640 нм испытывает максимальное отражение от плёнки, а свет с длиной волны 400 нм не отражается совсем. Угол падения света равен 30° . $[0,65 \text{ мкм}]$

16. Дифракционная решётка с периодом 5,0 мкм имеет ширину 20 мм. Определить разрешающую способность этой решётки в третьем порядке. Какова наименьшая разность длин волн двух разрешаемых спектральных линий в жёлтой ($\lambda = 600 \text{ нм}$) области спектра? $[1,2 \cdot 10^3; 50 \text{ пм}]$

17. Определить границы серии Бальмера в спектре излучения атомарного водорода и количество линий, длины волн которых входят в область чувствительности глаза человека (от 0,40 до 0,78 мкм). Изобразить схему соответствующих спектральных переходов.

$$[656 \text{ и } 364 \text{ нм}; 4]$$

18. По вольфрамовой ленте длиной 3,0 см и шириной 1,0 см проходит электрический ток. После установления теплового равновесия температура составила 1050 К. Определить силу тока, протекающего через ленту, при напряжении 2,0 В. Коэффициент поглощения вольфрама 0,80. [8,3А]

19. Вычислить значение неопределённости энергии электрона, полагая, что данный электрон находится внутри атома диаметром 0,30 нм. [0,11 эВ]

20. Определить возраст древних деревянных предметов, если известно, что удельная активность изотопа углерод-14 в них составляет $\frac{3}{5}$ удельной активности этого изотопа в только что срубленных деревьях. [4,3 тыс. лет]

21. Воздух в сосуде при температуре 300 К откачан до давления 1,0 Па. Определить плотность газа в сосуде, среднюю длину свободного пробега и концентрацию молекул. Диаметр молекул воздуха составляет 0,27 нм. [12 мг/м³; 13 нм; $2,4 \cdot 10^{20}$ м⁻³]

22. Определить, в течение какого времени 720 мг углекислого газа продиффундируют из почвы в атмосферу через 1 м² поверхности почвы при градиенте плотности $0,5 \cdot 10^{-6}$ г/см⁴. Коэффициент диффузии принять равным 0,04 см²/с. [1 ч]

23. Вычислить количество теплоты, подводимое к воздуху: а) в изотермическом процессе; б) в изобарном процессе, если в том и другом случае газ совершает одну и ту же работу 1,0 кДж? Сравнить молярные теплоёмкости газа в данных процессах. [1,0 кДж; 3,5 кДж]

24. На горизонтальной поверхности стола стоит сосуд с отверстием сбоку на расстоянии 64 см ниже поверхности воды, уровень которой поддерживается постоянным. Диаметр отверстия много меньше диаметра сосуда. Отверстие расположено на высоте 25 см от дна сосуда. Пренебрегая вязкостью жидкости, определить, на каком расстоянии от сосуда вытекающая вода падает на стол. [80 см]

25. Кипение жидкости начинается при условии

$$p_n \geq p_0 + \rho g h + 2 \frac{\sigma}{R}.$$

Расшифровать обозначения в приведённом неравенстве; объяснить происхождение формулы и физический смысл каждого слагаемого.

Вариант 20

1. Вычислить период колебаний в контуре $T = 2\pi\sqrt{LC}$ по результатам многократных измерений индуктивности генриметром (100 мГн; 1,0): L , мГн 70 71 71 72. Электроёмкость $C = 1,0$ мкФ известна с погрешностью $\pm 5\%$.

2. Движение точки задано уравнениями: $x = 1,0t$ и $y = 2,0t^3$, где x и y – координаты точки, м; t – время, с. Найти скорость и полное ускорение в момент времени $t = 0,8$ с, записать уравнение траектории точки. [2,2 м/с; 9,6 м/с²; $y = 2,0x^3$]

3. Диск массой 2 кг, радиусом 10 см вращался вокруг неподвижной оси, проходящей через его центр, с частотой $\nu = 10$ об/с. Найти тормозящий момент силы и число оборотов диска до остановки, если диск остановился через 20 с. [0,3 мН·м; $1 \cdot 10^2$]

4. Два колеса имеют общую вертикальную ось. Масса нижнего колеса, равная 5 кг, сосредоточена на ободе радиусом 0,2 м. Верхнее, вначале неподвижное колесо, роняют на нижнее, вращающееся с частотой 3 об/с, и затем они вращаются вместе с частотой 1 об/с. Определить момент инерции верхнего колеса. [0,4 кг·м²]

5. Два разноимённых точечных заряда $9Q$ и минус $1Q$ закреплены на расстоянии 50 см друг от друга. Третий заряд q может перемещаться только вдоль прямой, проходящей через эти заряды. Определить положение заряда q , при котором он будет находиться в равновесии. [25 см]

6. Плоский воздушный конденсатор заряжен до напряжения 0,4 кВ и отключён от источника. Какой станет разность потенциалов, если расстояние между пластинами увеличить от 200 до 700 мкм, а пространство между ними заполнить стеклом ($\epsilon = 7$)? [0,8 кВ]

7. Автомобильный стартер потребляет ток силой 300 А, питаясь от аккумуляторной батареи с ЭДС, равной 12,5 В. Напряжение на батарее понижается при этом до 11,6 В. Определить сопротивление батареи и потребляемую мощность. [3 мОм; 3,5 кВт]

8. Параллельно проводнику на расстоянии 5 мкм от него летит протон, имеющий энергию 2 пДж. С какой силой действует поле на протон при силе тока в проводнике 100 А. Как направлена сила, если протон движется в том же направлении, что и электроны в проводнике? [30 пН]

9. В однородном магнитном поле с индукцией 0,35 Тл равномерно с частотой 480 об/мин вращается рамка, содержащая 1500 витков площадью 50 см². Ось вращения лежит в плоскости рамки и

перпендикулярна линиям индукции. Найти максимальное значение ЭДС индукции в рамке. [0,13 кВ]

10. Складываются два гармонических колебания одного направления с одинаковыми периодами 1,5 с и амплитудами 2,0 см. Начальные фазы колебаний $\pi/2$ и $\pi/3$. Определить угловую частоту, амплитуду и начальную фазу результирующего колебания. Записать его уравнение и построить с соблюдением масштаба векторную диаграмму амплитуд складываемых колебаний.

$$[x = 3,9\cos(4,2t + 5\pi/12), \text{ где } x - \text{смещение, см; } t - \text{время, с}]$$

11. Амплитуда колебаний груза на нити длиной 100 см уменьшилась в два раза за 60,0 с. Определить логарифмический декремент затухания и добротность данной колебательной системы.

$$[0,0232; 136]$$

12. Индуктивность колебательного контура равна 0,20 Гн, ёмкость – 10 мкФ. Когда напряжение на конденсаторе достигает 1,0 В, сила тока в контуре равна 10 мА. Найти амплитудное значение силы тока в контуре. [12 мА]

13. Найти положение первых трёх узлов и пучностей и изобразить графически изменение амплитуды вдоль стоячей волны для случая, когда отражение происходит от менее плотной среды. Длина бегущей волны 12 см. [3, 9, 15 см; 0, 6, 12 см]

14. Для удовлетворительного приёма радиосигнала в промышленном районе города амплитуда напряжённости электрического поля в электромагнитной волне должна быть не менее 10 мВ/м. Найти амплитуду магнитной индукции в месте приёма и среднюю объёмную плотность энергии электромагнитного поля.

$$[33 \text{ пТл; } 4,4 \cdot 10^{-16} \text{ Дж/м}^3]$$

15. Две одинаковые прозрачные трубки длиной $l = 100,0$ мм помещены в интерферометр Жамена (рис. 23). Воздух в трубках откачан. В процессе заполнения одной из трубок водородом интерференционная картина, наблюдаемая в оранжевом свете ($\lambda = 510,0$ нм), сместилась на $m = 23,7$ полосы. Какое значение показателя преломления водорода получено в этом опыте? [1,00012]

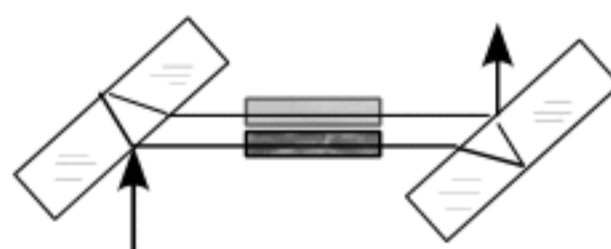


Рис. 23

16. Период дифракционной решётки равен 4 мкм. Дифракционная картина наблюдается с помощью линзы с фокусным расстоянием 40 см. Определить длину волны падающего нормально

на решётку света, если первый максимум получается на расстоянии 5 см от центрального. [0,5 мкм]

17. Найти задерживающую разность потенциалов для электронов, вырываемых из калия монохроматическим светом ($\lambda = 330$ нм). Работа выхода электрона равна 2,0 эВ. Найти красную границу фотоэффекта для калия. Какова скорость фотоэлектронов при данных условиях? [1,8 В; 0,62 мкм; $8,0 \cdot 10^5$ м/с]

18. Эталон единицы силы света – кандела – представляет собой излучатель, поверхность которого площадью 0,5305 мм² имеет температуру затвердевания пластины, равную 1063°C. Определить мощность излучателя. [95,8 мВт]

19. Неопределённость скорости при движении электрона в атоме водорода по первой боровской орбите составляет 10 % от её числового значения. Найти неопределённость координаты электрона. Применимо ли в данном случае для электрона понятие траектории? [0,26 нм; нет]

20. Для определения периода полураспада короткоживущего радиоактивного изотопа использовали ионизационный счетчик. За интервал времени от нуля до 1,0 мин насчитано 250 импульсов, а от 60 до 61 мин – 92 импульса. Какое значение периода полураспада получено? [42 мин]

21. Плотность смеси водорода и азота при температуре 47 °С и давлении 200 кПа равна 0,3 г/л. Найти концентрацию молекул азота в смеси и их наиболее вероятную скорость. [$4 \cdot 10^{24}$ м⁻³; 0,4 км/с]

22. Коэффициенты диффузии и внутреннего трения газообразного водорода при некоторых условиях равны соответственно 1,42 см²/с и $8,5 \cdot 10^{-6}$ Па·с. Найти плотность водорода при этих условиях. [60 г/м³]

23. Количество теплоты, подведенное к газу в изобарном процессе, идет на увеличение внутренней энергии ΔU и на совершение работы A . Доказать, что в случае трёхатомного газа $\Delta U/A = 3$.

24. Вода выбрасывается вертикально вверх из сопла брандспойта сечением 20 см² со скоростью 10 м/с. Определить объём воды в струе над соплом. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². [20 л]

25. Какую энергию надо затратить, чтобы выдуть мыльный пузырь диаметром 12 см? Каково будет добавочное давление внутри пузыря? Поверхностное натяжение мыльного раствора 40 мН/м. [3,6 мДж; 1,3 Па]

Вариант 21

1. Вычислить момент инерции стержня $J = ml^2/12$ по результатам многократных измерений массы стержня с помощью весов (0,2 г/дел) и его длины линейкой (1 мм/дел):

m , г 80,4 80,6 80,2 80,4; ℓ , мм 120 121 120 121 120.

2. Скорость движения тела задана уравнением $\vec{v} = (-t^2 + 4)\vec{i}$, где v – скорость, м/с; t – время, с. Найти начальную и конечную скорости тела в интервале времени от 0 до 3 с, а также перемещение тела за это время. Построить график зависимости ускорения от времени в заданном интервале. $[s = \Delta x = 3 \text{ м}]$

3. На обод маховика диаметром 60 см намотан шнур, к концу которого привязан груз 2,0 кг. Под действием силы тяжести груза маховик начинает приобретает угловое ускорение $\varepsilon = 2,7 \text{ рад/с}^2$. Определить момент инерции данного тела. $[2,0 \text{ кг}\cdot\text{м}^2]$

4. Птица массой 1,2 кг летела на высоте 15 м со скоростью 4,0 м/с. В неё попал заряд дроби массой 20 г, пущенный с поверхности земли вертикально вверх со скоростью 0,30 км/с. Найти начальную скорость (модуль и направление) птицы, поражённой выстрелом.

$[6,2 \text{ м/с; под углом } 51^\circ \text{ к горизонту}]$

5. Электрическое поле создано точечным зарядом 10 нКл. Вдоль силовой линии поля расположен тонкий стержень, заряженный с линейной плотностью 100 нКл/м. Один конец стержня расположен на расстоянии 1,0 см от точечного заряда, другой – на расстоянии 3,0 м. Найти кулоновскую силу, действующую на стержень. $[0,9 \text{ мН}]$

6. Для определения неизвестной ёмкости конденсатора его подсоединили параллельно к конденсатору известной ёмкости C , заряженному до напряжения U_1 и отключённому от источника. Затем измерили напряжение U_2 на получившейся батарее конденсаторов. Найти выражение неизвестной ёмкости. $[C(U_1 - U_2)/U_2]$

7. На рис. 24 показана зависимость силы тока I от сопротивления R в цепи, состоящей из источника тока и переменного резистора. Определить: а) силу тока короткого замыкания; б) электродвижущую силу; в) внутреннее сопротивление источника тока. $[120 \text{ мА; } 6 \text{ мВ; } 50 \text{ мОм}]$

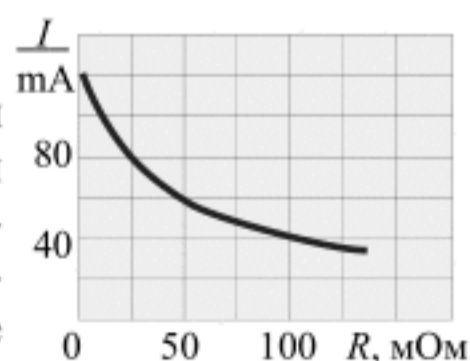


Рис. 24

8. Заряженная частица влетела перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля, созданного в жидкости, и потеряла половину своей начальной энергии. Во сколько раз будут отличаться радиусы кривизны траектории начального и конечного участков пути частицы? $[\sqrt{2} \text{ раз}]$

9. Проводящее кольцо сопротивлением $0,10 \text{ Ом}$ помещено в магнитном поле с индукцией $0,4 \text{ Тл}$ так, что индукция поля составляет с плоскостью кольца угол 90° . Площадь кольца 10 см^2 . Определить заряд, который протечёт по кольцу, если его удалить за пределы магнитного поля. $[4 \text{ мКл}]$

10. Складываются два гармонических колебания одного направления с периодами $2,00$ и $2,05 \text{ с}$, имеющие одинаковые амплитуды и одинаковые начальные фазы. Найти период результирующего колебания и период биений. $[2,02 \text{ с}; 82,0 \text{ с}]$

11. К вертикально висящей пружине подвешен груз в 1 кг . При этом она удлинилась на $9,8 \text{ см}$. Возникшие после этого колебания прекратились через 10 с . (Прекращение колебаний фиксируется, когда амплитуда составляет меньше 1% от начального значения.) Определить коэффициент затухания и логарифмический декремент затухания колебаний. $[0,5 \text{ с}^{-1}; 0,3]$

12. Колебательный контур радиоприемника состоит из катушки индуктивностью $1,0 \text{ мГн}$ и переменного конденсатора, ёмкость которого может меняться в пределах от $9,7$ до 92 пФ . В каком диапазоне частот может работать этот приемник? Как и во сколько раз необходимо изменить площадь пластин конденсатора, чтобы обеспечить такое изменение ёмкости? $[\text{От } 0,52 \text{ до } 1,6 \text{ МГц}; \text{ в } 9,5 \text{ раз}]$

13. От двух точечных источников распространяются колебания со скоростью 400 м/с и частотой $2,0 \text{ кГц}$. Начальные фазы колебаний обоих источников совпадают. Усиливаются или ослабляются колебания в точке, отстоящей дальше от одного источника, чем от другого на расстояние: а) 20 см ; б) 30 см ?

14. Плоская электромагнитная волна падает по нормали на поверхность тела, находящегося в воздухе, и полностью поглощается. Давление, оказываемое этой волной на тело, равно $0,52 \text{ нПа}$. Определить амплитуду напряжённости магнитного поля в месте падения волны. $[29 \text{ мА/м}]$

15. Интерференционная картина "Кольца Ньютона" наблюдается при освещении желтой линией спектра натрия (длина волны 589 нм) плоско-выпуклой линзы (показатель преломления $1,6$), лежащей на стеклянной пластинке. В проходящем свете расстояние между двумя

первыми тёмными кольцами оказалось равным 0,4 мм. Определить радиус кривизны и оптическую силу плоско-выпуклой линзы.

[1 м; +0,6 дптр]

16. На диафрагму, имеющую отверстие диаметра 1,96 мм, падает нормально параллельный пучок света с длиной волны 0,6 мкм. При каком наибольшем расстоянии между диафрагмой и экраном в центре дифракционной картины будет наблюдаться тёмное пятно? [0,8 м]

17. Вычислить длину волны и энергию фотона, принадлежащего K_α -линии в спектре характеристического рентгеновского излучения платины.

[20,4 пм; $9,74 \cdot 10^{-15}$ Дж]

18. По тонкой металлической пластинке длиной 30 мм и шириной 10 мм пропускают ток силой 10 А. После установления теплового равновесия температура пластинки составила 1000 °С. Принимая коэффициент черноты пластинки равным 0,45, определить напряжение, приложенное к пластинке.

[4,0 В]

19. Диаметр пузырька в жидководородной пузырьковой камере составляет $1,0 \cdot 10^{-7}$ м. Найти неопределённость в измерении скоростей электрона и α -частицы в такой камере. Неопределённость координаты принять равной диаметру пузырька. [0,58 км/с; 0,079 м/с]

20. Радиоизотоп фосфор-32, используемый в физико-химических, биологических, медицинских исследованиях методом меченых атомов, имеет период полураспада 14,3 дня. При распаде ядра $P-32$ выбрасывается электрон и нейтрино. Записать схему распада. Сколько атомов из первоначального числа $N_0 = 1,9 \cdot 10^{19}$ распадается за 10 с и за 10 дней?

[$1,1 \cdot 10^{14}$ и $7,3 \cdot 10^{18}$]

21. Сосуд с азотом при температуре 300 К, движущийся со скоростью 30 м/с, резко тормозится до остановки. На сколько процентов увеличивается температура газа в сосуде?

[0,2 %]

22. Диаметр молекулы углекислого газа вдвое превышает диаметр молекулы водорода. Найти отношение коэффициентов диффузии, считая, что данные газы находятся в одинаковых условиях.

[9,5]

23. На диаграмме в координатах “давление – объём” (см. рис. 21) изображён круговой процесс $a-b-c-a$, проводимый с идеальным газом. Начальная температура $T_1 = 300$ К. Количество газа $\nu = 0,100$ моль. Определить работу, совершаемую газом в ходе кругового процесса.

[$A = 1,5\nu RT_1 = 374$ Дж]

24. Диаметр небольшого отверстия в дне сосуда в 60 раз меньше диаметра сосуда. Определить время истечения идеальной жидкости из открытого цилиндрического сосуда высотой 4,9 м, заполненного до краёв. [60 мин]

25. На какой глубине под водой находится пузырек воздуха, если плотность воздуха в нём $2,0 \text{ кг/м}^3$? Диаметр пузырька 15 мкм, температура $20 \text{ }^\circ\text{C}$, атмосферное давление 760 мм рт. ст. Поверхностное натяжение воды 73 мН/м . [4,8 м]

Вариант 22

1. Вычислить сопротивление проводника $R = \frac{4\rho\ell}{\pi d^2}$ по результатам многократных измерений длины проводника рулеткой (1 мм/дел) и его диаметра микрометром (0,01 мм/дел):

ℓ , см 112,1 112,2 112,0 112,1; d , мм 1,28 1,30 1,30 1,29.

Удельное сопротивление проводника $\rho = (120 \pm 15) \text{ нОм}\cdot\text{м}$.

2. Движение тела задано уравнением $x = 4,0t - 0,050t^2$, где x – координата центра масс тела, м; t – время, с. Определить момент времени, когда скорость тела равна нулю. Найти координату x и ускорение a_x в этот момент. Построить графики скорости и ускорения.

[40 с; 80 м; $-0,10 \text{ м/с}^2$]

3. Найти ускорение центра тяжести шара, скатывающегося без скольжения с наклонной плоскости. Плоскость образует с горизонтом угол α .

[$a = (5/7) \cdot g \cdot \sin\alpha$]

4. Платформа в форме диска радиусом 1,6 м вращается по инерции с частотой 0,16 об/с. На краю платформы стоит человек массой 86 кг. Какой станет частота вращения, если человек перейдет в её центр? Момент инерции платформы $126 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$. Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки. [0,44 об/с]

5. К заряженной плоскости, расположенной вертикально, подвешен на нити заряженный шарик массой 10 г. Нить образует с плоскостью угол 45° . Найти заряд шарика, если поверхностная плотность заряда на плоскости равна 98 мкКл/м^2 . [18 нКл]

6. Конденсатор ёмкостью $C_1 = 2,0 \text{ мкФ}$ при помощи переключателя присоединяется сначала к батарее аккумуляторов с ЭДС, равной 100 В, а потом к незаряженному конденсатору ёмкостью $C_2 = 3 \text{ мкФ}$. Определить заряд, который появится на конденсаторе C_2 .

[0,12 мКл]

7. Аккумулятор с электродвижущей силой 12 В и внутренним сопротивлением 1,0 Ом заряжают током 3,0 А от выпрямителя. Какова разность потенциалов на его клеммах во время зарядки? [15 В]

8. В некоторой области пространства одновременно созданы однородные магнитное ($B = 2,0$ мТл) и электрическое ($E = 1,6$ кВ/м) поля. Вектор индукции \vec{B} параллелен вектору напряжённости \vec{E} . Перпендикулярно векторам \vec{B} и \vec{E} влетает электрон со скоростью 0,8 Мм/с. Определить ускорение электрона в момент вхождения заряженной частицы в область, где локализованы данные поля.

$$[0,4 \text{ Пм/с}^2]$$

9. Катушка диаметром d , состоящая из N витков, находится в магнитном поле, изменяющемся по закону $B = C \sqrt{t}$, где t – время, $C = \text{const}$. Вектор магнитной индукции параллелен оси катушки.

Найти ЭДС индукции в катушке.

$$[\mathcal{E} = -\frac{\pi d^2 N C}{2\sqrt{t}}]$$

10. Материальная точка участвует в двух колебаниях, происходящих по взаимно перпендикулярным направлениям $x = 2\cos 2t$ и $y = 4\sin 2t$, где x и y – смещения точки, см; t – время, с. Найти уравнение траектории, построить её с соблюдением масштаба и указать направление скорости движения точки. [$x^2/4 + y^2/16 = 1$]

11. Из однородного диска радиусом 8 см сделали физический маятник двумя способами. Вначале ось проходила через образующую диска, затем – на расстоянии 4 см от центра диска параллельно первой оси. Определить отношение периодов колебаний диска. [1]

12. При отключении внешней ЭДС энергия контура уменьшилась в 8 раз за 5 полных колебаний. Определить ширину резонансной кривой на уровне, где энергия в два раза меньше энергии контура при резонансе. Резонансная частота равна 30 кГц. [2,0 кГц]

13. Колебания с частотой 10 Гц распространяются в некоторой среде. Разность фаз в двух точках, находящихся на расстоянии 100 см одна от другой на одной прямой с источником колебаний, равна $\pi/4$ рад. Найти скорость распространения волны. [80 м/с]

14. Колебательный контур обладает индуктивностью 1 мГн и ёмкостью 2 нФ. Пренебрегая активным сопротивлением, оценить длину волны излучения, генерируемого контуром. К какому диапазону радиоволн относится это излучение? [3 км]

15. Монохроматический свет падает нормально на поверхность воздушного клина, причём расстояние между интерференционными полосами равно 0,4 мм. Определить расстояние между интерферен-

ционными полосами, если пространство между пластинками, образующими клин, заполнить прозрачной жидкостью с показателем преломления 1,33. [0,3 мм]

16. Обосновать утверждение: «Ширина каждого максимума, которая определяет разрешающую способность дифракционной решётки, обратно пропорциональна числу штрихов».

17. На дифракционную решётку нормально падает пучок света от разрядной трубки, наполненной атомарным водородом. Постоянная решётки $5 \cdot 10^{-4}$ см. При переходе атома водорода с некоторого возбужденного состояния, характеризуемого квантовым числом m , в состояние с квантовым числом $n = 2$ соответствующая спектральная линия наблюдается под углом 41° в спектре пятого порядка. Определить значение m . [3]

18. Температура поверхности Солнца равна 5,8 кК, его радиус составляет $6,95 \cdot 10^8$ м. Полагая поглощательную способность равной единице, определить, сколько энергии излучает Солнце за одну секунду. [$3,9 \cdot 10^{26}$ Дж]

19. Частица находится в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной L с бесконечно высокими стенками в основном состоянии с номером n . Какова вероятность обнаружить частицу в области $0 \leq x \leq L/3$? Найти общее выражение и числовые значения вероятности для $n = 1$ и $n = 2$. Изобразить графически вероятность в зависимости от координаты. [0,195; 0,402]

20. Изотоп свинца $Pb-206$ в земных недрах накапливался по мере распада урана $U-238$. Найти соотношение масс урана и свинца в настоящее время, считая, что в момент образования Земли (2,5 млрд лет назад) свинец на Земле отсутствовал. [3,6]

21. При температуре 300 К и давлении $1,2 \cdot 10^5$ Па плотность смеси водорода и азота равна $1,00$ кг/м³. Определить молярную массу смеси. [21 г/моль]

22. Коэффициент диффузии азота при нормальных условиях равен $1,4 \cdot 10^{-5}$ м²/с. Найти коэффициент внутреннего трения при этих же условиях. [18 мкПа·с]

23. Кислород, занимающий при давлении 1,00 МПа объём 5,0 л, расширяется в 3 раза при постоянной температуре. Определить конечное давление газа и количество подведённой теплоты. [0,33 МПа; 5,5 кДж]

24. В танке, наполненном нефтью, образовалась круглая пробочина диаметром 10 мм. Высота уровня (напор) жидкости над центром

отверстия составляет 3 м. Полагая, что отверстие не затоплено, т.е. истечение происходит при атмосферном давлении, рассчитать объёмный расход жидкости через отверстие. Ответ выразить в л/с и м³/ч. Будет ли вытекать нефть, если отверстие образуется на глубине 3 м под водой? [0,6 л/с]

25. Определить работу, которую надо совершить, чтобы увеличить диаметр мыльного пузыря от 6,0 до 60 мм. Процесс выдувания пузыря считать изотермическим. Поверхностное натяжение мыльного раствора равно 40 мН/м. [0,9 мДж]

Вариант 23

1. Коэффициент поверхностного натяжения жидкости рассчитывается по формуле $\sigma = F/2\ell$. Найти доверительный интервал, в котором находится действительное значение коэффициента, если сила натяжения F измерена динамометром (20 мН/дел), а ширина плёнки жидкости ℓ – линейкой (1 мм/дел):

$$F, \text{ мН} \quad 40 \quad 40 \quad 60 \quad 60; \quad \ell, \text{ см} \quad 50,1 \quad 50,0 \quad 50,2.$$

2. Тело движется согласно уравнению $v = 20 + 4t + 3t^2$, где v – скорость, м/с; t – время, с. Определить среднюю скорость в интервале от 0 до 6 с. [68 м/с]

3. Найти ускорение центра тяжести сплошного однородного диска, скатывающегося без скольжения вниз по наклонной плоскости. Плоскость образует с горизонтом угол α . [$a = \frac{2}{3} g \cdot \sin \alpha$]

4. Однородный тонкий стержень, подвешенный за верхний конец, отклонили на 90° от положения равновесия и отпустили. Скорость нижнего конца стержня достигла 9 м/с в момент прохождения положения равновесия. Определить длину стержня. Трением пренебречь. [2,7 м]

5. Две круглые пластины площадью по 100 см² расположены параллельно. Заряд одной пластины равен 100 нКл, другой – 200 нКл. Какова сила притяжения пластин, если расстояние между ними составляет: 1) 2,0 мм; 2) 10 м? [0,11 Н; 1,8 мкН]

6. Два плоских конденсатора обладают ёмкостями C_1 и C_2 . После сообщения им зарядов q_1 и q_2 соответственно их замыкают друг на друга так, что положительная пластина первого конденсатора соединяется с отрицательной пластиной второго. Определить заряд каждого конденсатора после соединения.

$$\left[C_1 \frac{(q_1 - q_2)}{(C_1 + C_2)}; C_2 \frac{(q_1 - q_2)}{(C_1 + C_2)} \right]$$

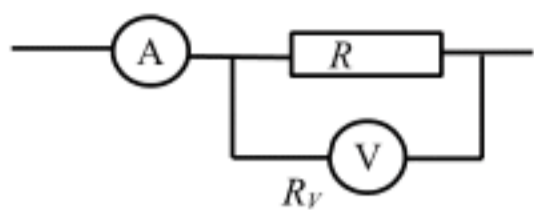


Рис. 25

7. Сопротивление R в электрической схеме (рис. 25) определяют по показаниям амперметра ($I_A = 300$ мА) и вольтметра ($U_V = 120$ В). Какова относительная погрешность измерения величины R при соединении приборов по указанной схеме, если учесть, что сопротивление вольтметра не бесконечно, а равно $R_V = 4,0$ кОм? $[\Delta R/R = 0,10]$

8. Электрон движется в магнитном поле с индукцией 20 мТл по окружности радиусом $1,0$ см. Определить кинетическую энергию электрона и его момент импульса. $[3,5$ кэВ; $3,2 \cdot 10^{-25}$ кг·м²/с]

9. При какой силе тока в прямолинейном проводе бесконечной длины на расстоянии $r = 50$ мм от него объёмная плотность энергии магнитного поля будет равна $2,0$ мДж/м³? Если провод согнуть под прямым углом, то как изменится плотность энергии в точке, расположенной на том же расстоянии r от обеих ветвей проводника, при той же силе тока? $[18$ А]

10. Определить возвращающую силу в момент времени $t = 0,25$ с и полную энергию материальной точки массой 20 г, совершающей колебания по закону $x = 15 \sin 4\pi t$, где x – смещение, см; t – время, с. $[0; 35$ мДж]

11. Маятник совершает затухающие колебания с периодом 1 с. После пяти колебаний амплитуда уменьшилась в $2,718$ раза. Написать уравнение колебаний, если амплитуда равна $0,8$ м, а начальная фаза равна нулю. $[x = 0,8 \cdot e^{-2t} \cdot \cos 2\pi t]$, где x – смещение, м; t – время, с]

12. Колебательный контур состоит из соленоида (длина $5,0$ см, число витков 500 , площадь сечения $1,5$ см²) и плоского конденсатора (расстояние между пластинами $1,5$ мм, площадь пластин 100 см²). Определить период собственных колебаний в контуре. $[0,24$ мкс]

13. По цилиндрической трубе диаметром 20 см и длиной $5,0$ м, заполненной сухим воздухом, распространяется звуковая волна интенсивностью 50 мВт/м². Найти энергию звукового поля, заключённого в трубе. $[24$ мкДж]

14. Определить показатель преломления:
 а) прозрачной жидкости, для которой предельный угол полного отражения равен углу полной поляризации;

б) непрозрачной эмали, для которой угол полной поляризации при отражении равен 58° . [1,3; 1,6]

15. Оценить расстояние, которое должно быть между двумя параллельными щелями, чтобы при пропускании через них длинноволнового рентгеновского излучения ($\lambda = 1$ нм) получить на экране, удалённом на 5 м, первые максимумы на расстоянии $\pm 2,5$ мм от центрального максимума. [2 мкм]

16. Какую разрешающую способность имеет дифракционная решётка с периодом 2,5 мкм и шириной 30 мм в спектрах первого и четвёртого порядков? [$12 \cdot 10^3$; $48 \cdot 10^3$]

17. Калий (работа выхода 2,0 эВ) облучается светом синей линии кадмия ($\lambda = 480$ нм). Определить максимально возможную кинетическую энергию фотоэлектронов и сравнить со средней кинетической энергией теплового движения электронов при температуре 17°C . [0,59 эВ; в 16 раз]

18. Максимум спектральной плотности энергетической светимости Солнца приходится на длину волны 0,50 мкм. Поверхность Солнца по своим свойствам близка к черному телу. Радиус Солнца 695 Мм. Определить температуру солнечной поверхности и энергию, излучаемую Солнцем за одну секунду. [5,8 кК; $3,9 \cdot 10^{26}$ Дж]

19. Воспользовавшись соотношением неопределённостей, оценить размытость энергетического уровня в атоме водорода для основного состояния и для возбужденного состояния со временем жизни 10^{-8} с. [0; $3,3 \cdot 10^{-6}$ эВ]

20. Сколько суток нужно выдержать сыр, прежде чем употреблять его в пищу, если он произведён из молока, загрязнённого радиоактивным изотопом Cs-131? Начальная активность превышает допустимую в 1000 раз. [80]

21. Как известно, при испарении капли воды объём образующегося пара при температуре 100°C и нормальном атмосферном давлении приблизительно в тысячу раз больше объёма капли. Проверить указанное соотношение. Плотность воды при данной температуре равна 960 кг/м³.

22. Рассчитать среднюю скорость молекул и коэффициент диффузии кислорода при температуре 17°C и давлении 100 кПа. Как изменятся эти величины в результате двукратного увеличения объёма при постоянной температуре? Эффективный диаметр молекул O_2 равен 0,36 нм. [438 м/с; $1,01 \cdot 10^{-5}$ м²/с]

23. В цилиндр дизельного двигателя засасывается воздух при атмосферном давлении и температуре $27\text{ }^\circ\text{C}$. В конце такта сжатия температура достигает $627\text{ }^\circ\text{C}$. Определить степень сжатия (во сколько раз уменьшается объём воздуха) и давление в конце такта сжатия.

[16; 4,7 МПа]

24. Краскопульт выбрасывает струю жидкой краски со скоростью 25 м/с . Плотность краски 800 г/л . Определить давление, создаваемое компрессором в краскопульте.

[0,25 МПа]

25. Смесь свинцовых шариков диаметра $3,0$ и $1,0\text{ мм}$ бросили в сосуд высотой 100 см , наполненный глицерином. Плотность свинца равна $11,3\text{ г/см}^3$, плотность глицерина – $1,26\text{ г/см}^3$. Шарики меньшего диаметра достигли дна в среднем на 4 мин позже шариков большего диаметра. Оценить по этим данным динамическую вязкость глицерина.

[2 Па·с]

Вариант 24

1. Энергия магнитного поля внутри катушки $W = LI^2/2$ измеряется косвенно путем многократных измерений силы тока:

$I, \text{ А}$ 8,4 8,2 8,4 8,2 8,2.

Индуктивность катушки $L = 200\text{ мГн}$. Класс точности амперметра $1,5$; предел измерения 10 А . Определить доверительный интервал, в котором находится действительное значение энергии магнитного поля с вероятностью $P = 0,95$.

2. Движение точки на ободе колеса радиусом 20 см описывается уравнением $s = 1,0 t^2$, где s – пройденный путь, см; t – время движения, с. В какой момент времени от начала движения вектор нормального ускорения образует с вектором полного ускорения угол $\pi/4$ рад?

[0,32 с]

3. По касательной к шкиву маховика в виде диска диаметром 75 см и массой 40 кг приложена сила 1000 Н . Радиус шкива 12 см . Определить угловое ускорение и частоту вращения маховика через 10 с после начала действия силы. Трением пренебречь. [43 рад/с^2 ; 68 с^{-1}]

4. На скамье Жуковского стоит человек и держит в руках стержень, расположенный вертикально по оси скамьи. Скамья с человеком вращается с частотой 1 об/с . С какой частотой будет вращаться скамья, если человек повернет стержень в горизонтальное положение? Суммарный момент инерции человека и скамьи равен $6\text{ кг}\cdot\text{м}^2$. Длина стержня $2,4\text{ м}$, масса 8 кг .

[0,6 об/с]

5. На бесконечном тонкостенном цилиндре диаметром 10 см равномерно распределен заряд с поверхностной плотностью $1,0 \text{ нКл/м}^2$. Определить напряжённость поля в точках, отстоящих от поверхности цилиндра на 5,0 см. [56 кВ/м]

6. Два одинаковых плоских конденсатора заряжены до разности потенциалов 100 и 200 В. Определить разность потенциалов между обкладками первого конденсатора после последовательного соединения конденсаторов разноименными обкладками. [100 В]

7. Вблизи высоковольтного провода, упавшего на землю, потенциал поля изменяется по закону $\varphi = 10/(1 + r)$, где φ – потенциал, кВ; r – расстояние от провода, м. Построить график функции $\varphi(r)$ и определить ближайшее к проводу безопасное положение человека, идущего по направлению к проводу. Длина шага человека 1 м, сопротивление между подошвами ног 500 Ом, допустимая сила тока 1 мА. [3 м]

8. Электрон, прошедший в ускоряющем поле между точками с разностью потенциалов 10 кВ, движется в однородном магнитном поле с индукцией 500 мТл. Векторы скорости электрона и магнитной индукции взаимно перпендикулярны. Определить момент импульса электрона. [$3,6 \cdot 10^{-26} \text{ кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}$]

9. Катушка, намотанная в один слой на немагнитный каркас длиной 60 см, имеет диаметр 2,0 см. Индуктивность катушки равна 0,50 мГн. Определить число витков катушки. [$4,4 \cdot 10^2$ витков]

10. Уравнение движения частицы имеет вид $x = 2,0 \sin(\pi t/4 + \pi/4)$, где x – смещение точки, см; t – время, с. Определить: частоту колебаний; амплитудные значения скорости и ускорения точки. [$1/8$ Гц; $1/2\pi$ см/с; $1/8\pi^2$ см/с²]

11. Период затухающих колебаний равен $T = 4$ с, логарифмический декремент затухания 1,6, начальная фаза равна нулю. Смещение $x = 4,5$ см в момент времени $t = T/4$. По какому закону совершаются колебания? [$x = 6,7 \cdot e^{-0,4t} \cdot \sin \pi t/2$, где x – смещение, см; t – время, с]

12. Колебательный контур состоит из катушки ($L = 80$ мкГн; $R = 0,50$ Ом) и конденсатора ($C = 100$ пФ). Какую мощность надо подводить к контуру для поддержания колебаний с амплитудой напряжения на конденсаторе 4,0 В? [$P = U_0^2 CR/(2L) = 5,0$ мкВт]

13. Найти положения узлов и пучностей стоячей волны, изобразить графически зависимость амплитуды от расстояния для случая, когда отражение происходит от более плотной среды. Длина бегущей волны 24 см. [0, 12, 36 ... см; 6, 18, 30 ... см]

14. Под каким углом следует расположить оси двух поляризаторов, чтобы интенсивность естественного света, прошедшего через них, уменьшилась: а) в три раза; б) в десять раз? [35°; 63°]

15. Диаметры двух светлых колец Ньютона, наблюдаемых в отражённом свете, равны 4,0 и 4,8 мм. Какого радиуса плоско-выпуклая линза использована в опыте, если известно, что между данными кольцами расположены три светлых кольца? [0,88 м]

16. Дифракционный спектр проецируется с помощью линзы на экран, удалённый от решётки на расстояние $L = 1,8$ м. Координата второго максимума относительно центрального $x = 21,4$ см. В какой цвет окрашен данный максимум? Какова длина волны? [590 нм]

17. Минимальная длина волны излучения, генерируемого рентгеновской трубкой, равна 20,7 пм при ускоряющем напряжении 60,0 кВ. Считая скорость света и заряд электрона известными величинами, найти постоянную Планка и сравнить с табличным значением.

18. При открытой дверце муфельной печи температура её внутренней стенки $T = 1,2$ кК. Площадь отверстия печи $S = 50$ см². Считая, что 61 % потребляемой мощности рассеивается наружными стенками и отверстие печи излучает как чёрное тело, определить, мощность печи. [1,5 кВт]

19. Орбитальное квантовое число атома водорода в $2p$ -состоянии после поглощения энергии 2,56 эВ увеличилось до максимально возможного. Каким стало главное квантовое число? [4]

20. Радий-226 в количестве $\nu = 1,0$ мкмоль находится в равновесии с его продуктами распада — изотопами $Rn-222$ и $Po-218$. Найти число атомов каждого изотопа в этой смеси. Записать схему превращения радия в полоний. [6,0 · 10¹⁷; 4,0 · 10¹²; 2,2 · 10⁹]

21. Оценить среднее расстояние между молекулами водяного пара при температуре 100 °С и давлении 0,1 МПа. [4 нм]

22. Найти коэффициент диффузии водорода при нормальных условиях. Эффективный диаметр молекул $d = 0,25$ нм. [9 · 10⁻⁵ м²/с]

23. Сколько энергии потребуется для изобарного нагревания газа, состоящего из 10 г водорода и 20 г гелия, на 10 К? [2,5 кДж]

24. Сопло фонтана имеет форму усечённого конуса, суживающегося вверх. Диаметр нижнего сечения $d_n = 6$ см, верхнего $d_v = 2$ см. Высота сопла $h = 1$ м. Фонтан выбрасывает вертикальную струю воды

высотой $H = 5$ м. Пренебрегая сопротивлением воздуха в струе и сопротивлением в сопле, определить: а) расход воды; б) на сколько давление в нижнем сечении сопла больше атмосферного давления.

[3 л/с; 0,05 МПа]

25. Две капли ртути радиусом 1,0 мм каждая сливаются в одну. Вычислить повышение температуры образовавшейся капли. Поверхностное натяжение, плотность и удельную теплоёмкость ртути найти в справочнике.

[На 0,16 мК]

Вариант 25

1. Вычислить объём цилиндра $V = \frac{\pi d^2}{4} h$, где $\pi = 3,14$; d – диаметр цилиндра; h – его высота. Диаметр измерен микрометром (0,01 мм/дел), высота – штангенциркулем (0,05 мм/дел). Результаты непосредственных измерений:

d , мм 4,37 4,39 4,38 4,39; h , мм 120,05 120,10 120,15 120,10.

2. Двигатель автомобиля ВАЗ-2121 в режиме максимальной мощности раскручивается до 5000 об/мин. Скорость поршня при этом достигает 21,5 м/с. Найти среднее ускорение поршня. Оценить силу, обеспечивающую это ускорение, при массе поршня около 0,5 кг. Во сколько раз эта сила больше силы тяжести поршня?

[700 м/с²; 0,4 кН]

3. Найти относительную ошибку, которая получается при вычислении кинетической энергии катящегося без скольжения диска, если не учитывать его вращения.

[33 %]

4. Платформа в виде диска радиусом 1,5 м и массой 180 кг вращается по инерции вокруг вертикальной оси с частотой 1,6 об/с. В центре платформы стоит человек массой 60 кг. Какую линейную скорость относительно пола будет иметь человек, если он перейдет на край платформы?

[9,0 м/с]

5. Две концентрические проводящие сферы радиусами 6 и 10 см несут соответственно заряды 1 и $-0,5$ нКл. Сферы находятся в воздухе. Построить график зависимости $E(r)$, где E — напряжённость электростатического поля, созданного данными зарядами; r — расстояние от центра сфер до точки, где вычисляется напряжённость.

6. Пространство между обкладками плоского конденсатора заполнено диэлектриком, объём которого V , диэлектрическая проницаемость ϵ . Поверхностная плотность зарядов на пластинах конденса-

тора σ . Вычислить работу, необходимую для удаления диэлектрика из конденсатора, пренебрегая трением о пластины.

$$[A = \sigma^2 V(1 - 1/\epsilon)/(2\epsilon_0)]$$



Рис. 26

7. Экспериментальные данные (рис. 26) показывают изменение силы тока со временем в проводнике сопротивлением $0,7$ кОм. Оценить заряд, протекший через поперечное сечение проводника, и количество теплоты, выделившееся в проводнике, за всё время наблюдения.

$$[0,14 \text{ Кл}; 1,9 \text{ Дж}]$$

8. Какой энергией должны обладать ядра атома гелия и дейтерия, чтобы они могли двигаться в магнитном поле по круговой траектории такого же радиуса, что и протоны с энергией 1 МэВ?

$$[1 \text{ МэВ}; 0,5 \text{ МэВ}]$$

9. Катушка, имеющая 100 витков, расположена в однородном магнитном поле с индукцией $0,01$ Тл. Плоскости её витков перпендикулярны линиям магнитной индукции. Площадь одного витка 10 см². Катушка присоединена к баллистическому гальванометру так, что сопротивление всей цепи 10 Ом. При повороте катушки на угол α через гальванометр проходит заряд $0,5$ мкКл. Определить угол α .

$$[\pi/3 \text{ рад}]$$

10. Тело массой 100 г совершает гармонические колебания с амплитудой $50,0$ мм, периодом $10,0$ мс и нулевой начальной фазой. Определить частоту колебаний, угловую частоту, максимальные значения скорости и ускорения, энергию колебательной системы.

$$[100 \text{ Гц}; 628 \text{ с}^{-1}; 31,4 \text{ м/с}; 19,7 \text{ км/с}^2; 49,3 \text{ Дж}]$$

11. Период собственных колебаний маятника равен 600 мс, логарифмический декремент затухания $0,555$. Определить период свободных колебаний.

$$[602 \text{ мс}]$$

12. Колебательный контур обладает ёмкостью $0,20$ мкФ и индуктивностью $5,07$ мГн. При каком логарифмическом декременте затухания разность потенциалов на обкладках конденсатора уменьшится в три раза за $1,0$ мс? Каково при этом сопротивление контура?

$$[0,22; 11 \text{ Ом}]$$

13. Уровень интенсивности звука от реактивного самолёта на расстоянии 30 м от него равен 140 дБ. Каков уровень интенсивности на расстоянии от него 300 м? Отражением от земли пренебречь.

$$[120 \text{ дБ}]$$

14. В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна, амплитуда напряжённости магнитного поля которой составляет 10 мА/м. Определить среднюю энергию, переносимую волной за 1 с через поверхность $S = 1 \text{ м}^2$, перпендикулярную направлению распространения волны. [19 мДж]

15. Между двумя плоскопараллельными стеклянными пластинками положили очень тонкую проволочку, расположенную параллельно линии соприкосновения пластинок и находящуюся на расстоянии 75 мм от неё. В отражённом свете ($\lambda = 0,5 \text{ мкм}$) на верхней пластинке видны интерференционные полосы. Определить диаметр поперечного сечения проволочки, если на протяжении 30 мм насчитывается 16 светлых полос. [10 мкм]

16. Спектр калия наблюдают с помощью дифракционной решётки шириной 10 мм и периодом 20 мкм. Будут ли видны отдельно две близко расположенные линии ($\lambda_1 = 578 \text{ нм}$ и $\lambda_2 = 580 \text{ нм}$) в спектре второго порядка?

17. Найти границы (λ_{max} и λ_{min}) первой инфракрасной серии в спектре атома водорода (серии Пашена). [1,88 и 0,822 мкм]

18. Солнечной постоянной C называют количество лучистой энергии, ежесекундно посылаемой Солнцем через площадку $1,0 \text{ м}^2$, перпендикулярную солнечным лучам и находящуюся вне земной атмосферы на среднем расстоянии Земли от Солнца $r = 1,50 \cdot 10^{11} \text{ м}$. Радиус Солнца $R_{\text{C}} = 6,95 \cdot 10^8 \text{ м}$. Вычислить значение C , считая Солнце чёрным телом с температурой поверхности 5,8 кК. [1,4 кВт/м²]

19. Ширина следа электрона на фотопластинке, полученного с помощью камеры Вильсона, составляет 1,0 мкм. Кинетическая энергия электрона 1,5 кэВ. Определить относительную неопределённость импульса электрона. Можно ли по данному следу обнаружить отклонение в движении электрона от законов классической механики? [$2,5 \cdot 10^{-5}$; нет]

20. В табл. 9 представлены результаты измерения активности радиоактивного препарата с интервалом 10 ч.

Таблица 9

Активность препарата в зависимости от времени

| $t, \text{ ч}$ | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 |
|-------------------------|------|------|------|------|------|
| $A, 10^{11} \text{ Бк}$ | 4,60 | 3,83 | 3,19 | 2,66 | 2,22 |

Построить график зависимости $A(t)$, где A — активность; t — время распада. Определить период полураспада. [38 ч]

21. Смесь азота и гелия при температуре 27°C находится под давлением $0,13$ кПа. Масса азота составляет 70% от общей массы смеси. Найти концентрацию и среднюю кинетическую энергию молекул каждого газа.

$$[n_1 = 0,8 \cdot 10^{22}; \langle \varepsilon_1 \rangle = 1,0 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}; \\ n_2 = 2,4 \cdot 10^{22}; \langle \varepsilon_2 \rangle = 0,62 \cdot 10^{-20} \text{ Дж}]$$

22. Оценить массу азота, прошедшего вследствие диффузии через площадку 100 см^2 за 10 с при температуре 300 К . Проекция градиента плотности газа на направление, перпендикулярное площадке, равна $-1,26 \text{ кг/м}^4$. Средняя длина свободного пробега молекул при данной температуре составляет около $1 \cdot 10^{-5} \text{ см}$. [2 мг]

23. Трехатомный идеальный газ совершает цикл Карно. При этом в процессе адиабатного расширения объем газа увеличился в 4 раза. Определить термический КПД цикла. [37 %]

24. В дне цилиндрического сосуда диаметром D имеется малое отверстие диаметром d . Найти зависимость скорости понижения уровня воды в сосуде h от высоты этого уровня.

$$[v_1 = \sqrt{2gh} \cdot (d/D)^2]$$

25. В сосуде с глицерином падает со скоростью $0,25 \text{ см/с}$ стальной шарик. Тот же шарик в сосуде с моторным маслом падает с постоянной скоростью 25 мм/с при той же температуре опыта. Определить динамическую вязкость масла, если для глицерина она равна $1480 \text{ мПа}\cdot\text{с}$. Плотность масла $0,80 \text{ г/см}^3$, стали — $7,80 \text{ г/см}^3$, глицерина — $1,26 \text{ г/см}^3$. [0,16 Па·с]

Вариант 26¹⁴

1. Многократные измерения сопротивления R_1 резистора дали следующие значения в килоомах: $1,10, 1,12, 1,11, 1,09, 1,10$. Погрешность измерителя сопротивления (моста постоянного тока) составляет $\pm 1\%$. К резистору R_1 присоединили параллельно другой резистор $R_2 = (5,0 \pm 0,5) \text{ кОм}$, $P = 0,95$. Вычислить общее сопротивление R .

2. Материальная точка движется по закону $\vec{r} = t^3 \vec{i} + 3t^2 \vec{j}$, где \vec{r} — радиус-вектор, м; t — время, с; \vec{i}, \vec{j} — орты осей x, y . Определить модуль скорости и модуль ускорения в момент $t = 1 \text{ с}$.

$$[6,7 \text{ м/с}; 8,5 \text{ м/с}^2]$$

¹⁴ Варианты 26 – 30 содержат задачи повышенной трудности.

3. Цилиндр вращается вокруг оси, являющейся его осью симметрии, согласно уравнению $\varphi = 2t + 0,2t^3$, где φ – угол поворота, рад; t – время, с. Момент инерции цилиндра равен $48 \text{ г}\cdot\text{м}^2$. Определить вращающий момент, действующий на цилиндр в момент $t = 2 \text{ с}$. [0,1 Н·м]

4. Шарик массой 60 г , привязанный к концу нити длиной $1,2 \text{ м}$, вращается с частотой 2 об/с , опираясь на горизонтальную плоскость. Нить укорачивают, приближая шарик к оси до расстояния $0,6 \text{ м}$. С какой частотой будет вращаться шарик? Какую работу совершает внешняя сила, укорачивая нить? Трением шарика о плоскость пренебречь. [8 об/с; 0,2 кДж]

5. Электрический заряд $1,0 \text{ нКл}$ равномерно распределён по тонкому кольцу с линейной плотностью $2,7 \text{ нКл/м}$. Найти напряжённость электрического поля в точках, равноудалённых от всех точек кольца на расстояние: а) $0,1 \text{ м}$; б) 1 м . [0,7 кВ/м; 9 В/м]

6. Обкладки плоского конденсатора расположены горизонтально. Диэлектрическая проницаемость вещества внутри конденсатора изменяется сверху вниз по закону $\varepsilon = 2,0 + 12y$, где y – координата относительно верхней обкладки, м. Площадь каждой обкладки 400 см^2 , расстояние между ними 4 см . Определить ёмкость конденсатора. [19 пФ]

7. Сопротивление проводника $R = 3,0 \text{ Ом}$ (действительное значение) измеряют дважды: по схеме а и по схеме б (рис. 27) За результат принимают значение, вычисленное по формуле $R_{\text{изм}} = \frac{U_V}{I_A}$, где U_V и I_A – показания вольтметра и амперметра соответственно, без учёта сопротивления измерительных приборов: $R_V = 1000 \text{ Ом}$, $R_A = 1,0 \text{ Ом}$. Сравнить относительные погрешности измерений по той и другой схемам. [3 и 0,03 %]



Рис. 27

8. Обмотка из 500 витков тонкого провода имеет вид кольца радиусом 20 см . Сила в проводнике равна 1 А . Оценить объёмную плотность энергии магнитного поля в центре кольца. [1 Дж/м³]

15 Для оценки точности двух измерений нужно рассчитать и сравнить относительные погрешности $\Delta R/R$, где $\Delta R = |R - R_{\text{изм}}|$.

9. Изменение магнитного поля со скоростью $0,33 \text{ Тл/с}$ вызывает в алюминиевом кольце ток силой $0,50 \text{ А}$. Плоскость кольца перпендикулярна вектору магнитной индукции. Диаметр кольца 20 см , диаметр провода $1,0 \text{ мм}$. Определить удельное сопротивление алюминия.

[$26 \text{ нОм}\cdot\text{м}$]

10. Точка колеблется в двух взаимно перпендикулярных направлениях с угловой частотой $3,14 \text{ с}^{-1}$. Амплитуды колебаний $X_0 = 3 \text{ см}$ и $Y_0 = 4 \text{ см}$. Разность фаз равна нулю. Написать уравнения движения вдоль оси x и вдоль оси y . Соблюдая масштаб, зарисовать траекторию движения.

11. На конце стержня массой m и длиной l прикреплен груз массой $2m$. Стержень может вращаться вокруг оси, проходящей перпендикулярно стержню через его середину. Чему равна собственная частота колебаний данной системы в поле тяготения Земли?

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{7}{12} \cdot \frac{l}{g}}$$

12. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью 80 мкГн , конденсатора емкостью 100 пФ и резистора $0,50 \text{ Ом}$. Какую мощность надо подводить к контуру, чтобы в нём поддерживались незатухающие колебания, при которых максимальное напряжение на конденсаторе равно $4,0 \text{ В}$?

$$[P = U_0^2 CR / (2L) = 5,0 \text{ мкВт}]$$

13. Два небольших динамика, присоединенные к общему звуковому генератору, излучают звуковые волны на частоте 344 Гц в одной фазе. Расстояние между динамиками равно $1,0 \text{ м}$. Температура воздуха 295 К . Наблюдатель находится непосредственно перед одним из динамиков, а затем отодвигается от него до тех пор, пока не обнаружит первое максимальное ослабление звука. На каком расстоянии от первого динамика это произойдет? На каком расстоянии от второго?

[$0,75 \text{ м}; 1,25 \text{ м}$]

14. С какой скоростью должен был бы двигаться гипотетический автомобиль, чтобы красный свет светофора ($\lambda_0 = 700 \text{ нм}$) воспринимался как зеленый ($\lambda = 550 \text{ нм}$)?

[$7 \cdot 10^4 \text{ км/с}$]

15. Монохроматический свет с длиной волны 550 нм падает нормально на поверхность стеклянного клина. В отраженном свете наблюдается система интерференционных полос, где расстояние между соседними максимумами составляет $0,21 \text{ мм}$. Найти угол между гранями клина.

[3°]

16. На дифракционную решетку нормально падает монохроматический свет с длиной волны 600 нм . Угол дифракции для пятого

максимума равен 30° , а минимальная разрешаемая решеткой разность длин волн составляет 0,20 нм. Определить: 1) период решетки; 2) ширину дифракционной решетки. [6,0 мкм; 3,6 мм]

17. Кривая B (см. рис. 20) показывает положение пиков интенсивности характеристического рентгеновского излучения, вызванного бомбардировкой металла электронами. Определить: а) сколько энергии потребуется, чтобы выбить электрон из L -оболочки атома этого металла, если минимальная энергия, необходимая для удаления электрона из K -оболочки, равна 20,8 кэВ; б) порядковый номер атома. Постоянная экранирования для K -оболочки $\sigma = 1$. [5,3 кэВ; 40]

18. Температура чёрного тела равна 2,0 кК. Найти спектральную плотность энергетической светимости на длине волны, соответствующей максимуму распределения энергии по спектру теплового излучения. Оценить, не прибегая к интегрированию, энергию, излучаемую с одного квадратного метра поверхности данного тела за одну секунду в интервале длин волн от 1,85 до 1,95 мкм. [42 кВт/м³; 4 Дж]

19. Возбуждённое состояние атома длится в среднем около 10 нс. При переходе в основное состояние испускаются фотоны, средняя длина волны которых $\langle \lambda \rangle = 600$ нм. Найти естественную ширину спектральной линии излучения, используя соотношение неопределённостей. [$\Delta \lambda = 9,6$ фм]

20. Вода одного из радиево-радоновых источников Мацесты¹⁶ имеет объёмную активность 2,2 ГБк/л. Активность обусловлена наличием в воде изотопов $Ra-226$ и $Rn-222$, испускающих α -частицы со средней энергией 5,2 МэВ. Какую дозу излучения получит человек массой 65 кг в течение часа, если выпьет один литр этой воды? [0,10 Гр]

21. Считая, что воздух состоит из одной массовой части кислорода и трёх массовых частей азота, найти молярную массу воздуха. [29 г/моль]

22. Какой толщины следовало бы сделать деревянную стену здания, чтобы она давала такую же потерю теплоты, как кирпичная стена толщиной 40 см при одинаковых разностях температур внутри и снаружи здания. Теплопроводности кирпича и дерева равны 0,70 и 0,175 Вт/(м·К) соответственно. [10 см]

23. Определить удельные теплоемкости c_V и c_p смеси углекислого газа массой 300 г и азота массой 400 г. [667 и 917 Дж/(кг·К)]

¹⁶ Мацеста -- бальнеологический курорт на Черноморском побережье.

24. Струя жидкости, вытекающей из крана вертикально вниз, суживается книзу. Как зависит диаметр струи d от расстояния до крана l . Вывести формулу $d = f(l)$. Начальная скорость, с которой вытекает вода, равна v_0 ; начальный диаметр струи, равный диаметру выходного отверстия крана, — d_0 .

25. В цилиндрическом сосуде ($h = 10$ см; $R = 5$ см) вращается вода. Градиент скорости у боковой поверхности сосуда $\frac{dv}{dr} = 4$ с⁻¹. Вода занимает весь сосуд, и её поверхность искривляется незначительно. Найти момент силы, действующий со стороны жидкости на сосуд. [0,46 мН·м]

Вариант 27

1. Электроёмкость конденсатора C_1 измерена многократно:

$$C_1, \text{ пФ} : 800 \ 798 \ 798 \ 796 \ 802 \ 800.$$

Систематическая погрешность измерения C_1 пренебрежимо мала. Найти доверительный интервал для электроёмкости батареи из двух последовательно соединённых конденсаторов ёмкости C_1 и C_2 , где $C_2 = (500 \pm 25)$ пФ, $P = 0,95$.

2. Скорость прямолинейного движения тела вдоль оси X задана уравнением $v_x = -t^2 + 4$, где v_x — проекция вектора скорости на ось X , м/с; t — время, с. Найти перемещение тела и пройденный путь за промежуток времени от 0 до 3 с. [$\Delta x = 3$ м; $s = 8$ м]

3. Твёрдое тело, момент инерции которого J , вращается с угловым ускорением ε и мгновенной угловой скоростью ω_1 . Какую мощность нужно подводить к телу, чтобы увеличить его угловую скорость от ω_1 до ω_2 за время t ? [$N = J(2\varepsilon\omega_1 + \varepsilon^2 t)/2$]

4. Твёрдое тело с моментом инерции J вращается с угловым ускорением ε и мгновенной угловой скоростью ω . Какую мощность нужно подводить к телу, чтобы обеспечить данный характер движения? Показать графически зависимость подводимой мощности от достигнутой угловой скорости. [$J\varepsilon\omega$]

5. Внутренний цилиндрический проводник длинного коаксиального кабеля имеет радиус 2,0 мм и заряжен с линейной плотностью 0,314 нКл/м. Внешний цилиндрический проводник радиусом 4,0 мм заряжен с такой же линейной плотностью, но противоположного знака. Изолятором в кабеле служит резина ($\varepsilon = 3,0$). Найти значения напряжённости электрического поля в точках, лежащих на расстояниях 3 и 6,0 мм от оси кабеля, а также разность потенциалов между проводниками. [0,60 кВ/м; 0; 1,3 В]

6. Шар радиусом 10 см зарядили до потенциала 2700 В и отключили от источника. Затем его соединили проволокой, электроёмкостью которой можно пренебречь, с незаряженным шаром радиусом 5,0 см. Оба шара находятся в воздухе. Определить: 1) заряды и потенциалы шаров после соединения; 2) энергию электрического поля соединённых шаров; 3) изменение энергии электрического поля вследствие соединения. [20 нКл; 10 нКл; 1,8 кВ; 27 мкДж; -14 мкДж]

7. Найти напряжённость электрического поля E_1 и плотность тепловой мощности w_1 в сечении $S_1 = 10 \text{ мм}^2$ медного проводника с током $I = 100 \text{ А}$ (рис. 28). Как изменятся искомые величины, когда сечение проводника уменьшится до $S_2 = 2 \text{ мм}^2$? [0,17 и 0,85 В/м; 1,7 и 43 МВт/м³]

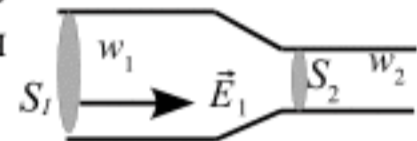


Рис. 28

8. Электрон в однородном магнитном поле движется по винтовой линии радиусом 5 см и шагом 20 см. Индукция магнитного поля равна 0,10 мТл. Определить скорость электрона. [1,0 Мм/с]

9. Через баллистический гальванометр разрядили конденсатор ёмкостью 0,6 мкФ, заряженный до напряжения 15 В. Затем на гальванометр замкнули виток провода и быстро внесли внутрь соленоида; при этом подвижная система гальванометра отклонилась на тот же угол. Площадь витка 50 см², сопротивление цепи гальванометра 2 Ом. Определить магнитную индукцию внутри соленоида. [4 мТл]

10. Во сколько раз увеличится период колебаний металлического шарика массой 1,0 г на длинной нити, если шарик сообщить заряд 160 нКл и поместить его в электрическое поле ($E = 300 \text{ В/см}$), где вектор напряжённости \vec{E} направлен вертикально вверх. [1,4]

11. Собственная частота колебательной системы $\nu_0 = 10 \text{ кГц}$. В этой системе наблюдается резонанс на частоте, которая меньше собственной частоты на $\Delta\nu = 0,2 \text{ кГц}$. Оценить логарифмический декремент затухания. [0,9]

12. Разность потенциалов на обкладках конденсатора колебательного контура изменяется по закону $u = 50 \cdot \cos 10^4 \pi t$, где u – разность потенциалов, В; t – время, с. Ёмкость конденсатора 0,10 мкФ. Найти индуктивность контура и закон изменения силы тока в цепи.

$$[10 \text{ мГн}; i = -0,16 \cdot \sin 10^4 \pi t]$$

13. В однородном стержне площадью сечения S и плотностью ρ установилась стоячая волна вида $\xi = A \cdot \sin(2\pi x/\lambda) \cos \omega t$, где A – const; x – координата частицы стержня относительно его конца; ξ – смещение частицы в момент времени t ; λ – длина волны; ω – угловая частота.

Найти полную механическую энергию той части стержня, что заключена между двумя соседними узлами. $[\rho S \lambda A^2 \omega^2 / 8]$

14. Естественный свет падает на два поляроида, угол между плоскостями поляризации которых составляет 90° . Какая часть интенсивности падающего света остаётся после прохождения через оба поляроида? Какая часть света пройдёт, если между ними поместить третий поляроид, плоскость поляризации которого повернута на угол 45° по отношению к другим поляроидам? $[0; 1/8]$

15. Во сколько раз изменятся радиусы тёмных колец Ньютона в отражённом свете, если заполнить пространство между плоско-выпуклой линзой и стеклянной пластинкой прозрачной жидкостью с показателем преломления 1,4? $[1,2]$

16. Луч оранжевого света ($\lambda = 600$ нм) падает нормально на дифракционную решётку с периодом $d = 20$ мкм. Дифракционная картина наблюдается с помощью собирающей линзы, установленной вблизи решётки. Расстояние между максимумами второго и третьего порядка $\Delta x = 6,0$ см. Найти расстояние L от решётки до экрана и оптическую силу линзы. $[2,0 \text{ м}; 9,50 \text{ дптр}]$

17. В результате длительного облучения металлического шара светом длины волны $0,42$ мкм максимальный потенциал поверхности шара достигает значения $1,8$ В. Определить работу выхода электрона из металла. $[1,2 \text{ эВ}]$

18. На диаграмме (см. рис. 19) показана зависимость спектральной плотности энергетической светимости от длины волны. Оценить долю излучаемой энергии в инфракрасном диапазоне (от $0,8$ мкм до 2 мкм). При какой температуре чёрного тела имеет место данное распределение энергии по спектру излучения? $[70 \%; 2,9 \text{ КК}]$

19. Протон имеет кинетическую энергию $K = 1/4 E_0$, где $E_0 = mc^2$ – энергия покоя частицы. Оценить дебройлевскую длину волны и неопределённость координаты протона, учитывая, что максимальная неопределённость импульса $\Delta p_x \geq mc$, где m – масса частицы; c – скорость света в вакууме. $[2 \text{ фм}; 0,1 \text{ фм}]$

20. Биологическая ткань массой $0,2$ кг получила эквивалентную дозу $H_1 = 0,8$ Зв от нейтронного облучения и такую же дозу – от γ -излучения ($H_2 = H_1$). Учитывая соответствующие коэффициенты биологической эффективности $ОБЭ_n = 10$, $ОБЭ_\gamma = 1$, определить общую поглощённую дозу D и поглощённую энергию W . $[0,9 \text{ Гр}; 0,2 \text{ Дж}]$

21. Природный газ Ухтинского месторождения состоит из метана (CH_4) с объёмной долей $r_1 = 0,88$, азота (N_2) — $r_2 = 0,10$ и бензола

(C_2H_6) — $r_3 = 0,02$. Определить массу этого газа в баллоне объёмом $0,20 \text{ м}^3$ при температуре 300 К и давлении (по манометру¹⁷) $3,0 \text{ МПа}$.
[42 кг]

22. Наружные стены квартиры имеют общую площадь 80 м^2 и толщину 50 см . Температура внутри квартиры равна $23 \text{ }^\circ\text{C}$, снаружи — минус $15 \text{ }^\circ\text{C}$. Сколько дров необходимо сжечь для поддержания такой температуры в течение суток? КПД печи составляет 50% , удельная теплота сгорания дров равна 8 МДж/кг , теплопроводность материала стены — $0,6 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$?
[79 кг]

23. Идеальный газ в количестве 1 моль расширяется от объёма $V = 1 \text{ л}$ до $V = 2 \text{ л}$ в процессе, при котором температура изменяется по закону $T = 6 \cdot 10^7 \cdot V^2$, где T — температура, К ; V — объём, м^3 . Определить работу, совершённую газом. Как изменяется внутренняя энергия газа в данном процессе?
[3 кДж]

24. Из отверстия в дне высокого сосуда вытекает вода. Сечение сосуда S_1 , сечение отверстия S_2 . Уровень воды в сосуде перемещается с постоянным ускорением a . Найти это ускорение. [$a = g(S_2/S_1)^2$]

25. Капиллярная трубка опущена вертикально в сосуд с водой. Верхний конец трубки запаян. Для того чтобы уровень воды в трубке и в широком сосуде был одинаков, трубку пришлось погрузить в воду на $1,5 \%$ её длины. Найти внутренний радиус трубки. Атмосферное давление $0,1 \text{ МПа}$. Смачивание считать полным. [0,1 мм]

Вариант 28

1. Определить доверительный интервал жёсткости для системы из двух пружин, соединённых последовательно $k = \frac{k_1 \cdot k_2}{k_1 + k_2}$. Жёсткость первой пружины $k_1 = (400 \pm 20) \text{ Н/м}$, $P = 0,95$. Жёсткость второй пружины измерена косвенно путём многократных измерений силы упругости динамометром (1 Н/дел) и удлинения пружины линейкой (1 мм/дел):

$F, \text{ Н} : 10 \quad 20 \quad 30 \quad 40; \quad l, \text{ мм} : 11 \quad 22 \quad 29 \quad 39.$

2. Движение частицы в плоскости $ХОУ$ описывается уравнением $y = 1,1x^2$, где y и x — координаты, м . Скорость частицы $v = 3,0 \text{ м/с}$ не изменяется по модулю. Найти ускорение в точке $x = 0$. [20 м/с^2]

3. Внутри обруча закреплена крестовина из двух одинаковых стержней. Обруч скатывается с наклонной плоскости. Плоскость

¹⁷ Манометр показывает давление избыточное над атмосферным.

¹⁸ Ускорение находится как вторая производная координаты по времени. При затруднениях с дифференцированием обратитесь к прил. 2.

образует с горизонтом угол α . Найти ускорение центра тяжести крестовины, пренебрегая массой обруча. $[a = (3/5) g \cdot \sin\alpha]$

4. КПД кузнечного молота η – это отношение работы деформации металла к кинетической энергии молота до удара. Удар считается неупругим; при этом часть энергии молота бесполезно расходуется на сотрясение наковальни. Масса наковальни вместе с деталью равна M . Найти зависимость КПД от массы молота m . Построить график $\eta(m)$ в интервале от $m = 0$ до $m = M$. $[\eta = 1 - m / (m + M)]$

5. Приведены экспериментальные значения напряжённости электростатического поля (табл. 10), созданного некоторым заряженным телом в зависимости от расстояния от геометрического центра этого тела. Заряд тела 1,00 нКл. Погрешность измерения $\Delta E = 0,15$ кВ/м. При каких значениях r тело можно считать точечным зарядом?

Таблица 10

Изменение напряжённости электростатического поля заряженного тела при удалении от этого тела

| | | | | | | | |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| r , см | 2,00 | 3,00 | 4,00 | 5,00 | 6,00 | 7,00 | 8,00 |
| E , кВ/м | 13,5 | 9,02 | 5,67 | 3,60 | 2,50 | 1,84 | 1,41 |

6. Заряд конденсатора равен 1,0 мкКл, площадь пластин 100 см². Зазор между пластинами заполнен слюдой ($\epsilon = 6,0$). Определить объёмную плотность энергии электрического поля и силу притяжения пластин. $[94 \text{ Дж}\cdot\text{м}^{-3}; 0,94 \text{ Н}]$

7. Сопротивление R определяют, измеряя силу тока $I_A = 5$ А и напряжение $U_V = 100$ В на резисторе (см. рис. 24, а). На сколько процентов результат измерения $R_{\text{изм}}$ больше действительного значения сопротивления R , если учесть сопротивление вольтметра $R_V = 2500$ Ом? $[0,8 \text{ \%}]$

8. Два бесконечных длинных прямых проводника скрещены под прямым углом. Сила тока в одном проводнике равна 80, в другом – 60 А. Расстояние между проводниками 10 см. Определить индукцию магнитного поля в точке, лежащей на середине общего перпендикуляра к проводникам. $[0,4 \text{ мТл}]$

9. Квадратная рамка площадью $S = 500$ см², имеющая 100 витков медного провода сечением $S_1 = 2,0$ мм², равномерно вращается с частотой 20 об/с в однородном магнитном поле ($B = 0,10$ Тл). Определить: 1) амплитуду ЭДС индукции; 2) действующее значение силы тока в короткозамкнутой рамке. $[63 \text{ В}; 58 \text{ А}]$

10. Полная энергия колебательного движения груза на пружине равна 10 мкДж, а максимальная сила, действующая на груз, равна $F_x = 0,5$ мН. Записать уравнение $x(t)$ для этого тела, учитывая начальные условия: $t = 0$; $x_0 = 4$ см. Движение происходит по гармоническому закону с периодом $T = 4$ с.

11. Во сколько раз отличаются частоты колебаний груза на двух пружинах (рис. 29, а, б) при различных способах соединения? Жёсткости пружин k_1 и k_2 . Массами пружин пренебречь.

$$\left[\frac{\nu_a}{\nu_b} = \frac{k_1 + k_2}{\sqrt{k_1 k_2}} \right]$$

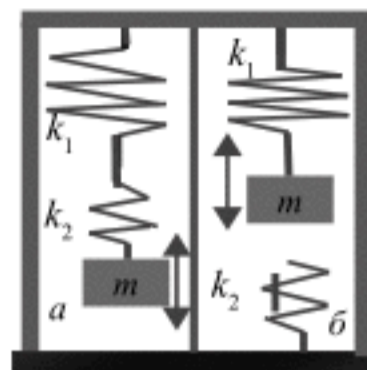


Рис. 29

12. Если катушка подключена к источнику переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц, то сила тока равна 6 А. Если эту же катушку подключить к источнику постоянного тока того же напряжения, то сила тока возрастёт до 11 А. Какова индуктивность катушки? [0,1 Гн]

13. Источник звуковых волн (камертон) помещен рядом с ухом наблюдателя, другой – на расстоянии 47,5 см. При этом наблюдатель не слышит звука. Определить частоту колебаний камертона. Температура воздуха 273 К. [348 Гц]

14. Естественный свет падает на одну из трёх граней правильной стеклянной призмы параллельно другой грани (рис. 30). Возможна ли полная поляризация света при отражении луча от одной из граней (AB, BC или CA)? Показатель преломления стекла может находиться в пределах от 1,4 до 2,4.



Рис. 30

15. Между плоско-выпуклой линзой и стеклянной пластинкой, на которой она лежит, нет контакта вследствие попадания пыли. При этом радиус пятого тёмного кольца Ньютона в отражённом свете равен 0,8 мм. Если пыль удалить, то радиус этого кольца станет 1,0 мм. Найти толщину слоя пыли, если радиус кривизны линзы равен 10 см. [1,8 мкм]

16. Свет с длиной волны 530 нм падает нормально на дифракционную решетку с периодом 1,50 мкм. Найти угол дифракции, под которым наблюдается максимум наибольшего порядка. [45°]

17. При столкновении с релятивистским электроном рентгеновский фотон рассеялся на угол $\pi/3$ рад, причём электрон потерял почти всю свою кинетическую энергию ($E_k = 0,51$ МэВ). Найти изменение длины волны излучения в результате рассеяния. [-1,2 пм]

18. При измерении мощности излучения чёрного тела с поверхности площадью $(10,00 \pm 0,05)$ см² получено значение (904 ± 9) Вт. Максимум спектральной плотности энергетической светимости пришёлся на длину волны (1450 ± 3) нм. Значение постоянной в законе смещения Вина дано в виде $b = 2,898$ мм·К. Какое значение постоянной Стефана – Больцмана σ найдено по результатам измерений? Совпадает ли полученное значение σ с табличным?

19. Электрон находится в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной L . Найти вероятность обнаружения электрона в средней трети «ямы», если электрон находится в возбужденном состоянии ($n = 3$). Изобразить графически плотность вероятности обнаружения электрона в данном состоянии. [1/3]

20. Какой суммарной кинетической энергией должны обладать два дейтона (ядра изотопа водорода 2_1H), движущиеся навстречу друг другу, чтобы сблизиться на расстояние $2 \cdot 10^{-15}$ м, на котором преобладают ядерные силы над кулоновскими. Покрывает ли энергия, освобождающаяся в случае слияния этих ядер, расходы энергии на сближение ядер? Туннельный эффект не учитывать. [0,72 МэВ]

21. Построить диаграмму в координатах $dN/(N \cdot dv)$ — v согласно закону Максвелла о распределении молекул по скоростям

$$f(v) = 4\pi \cdot \left(\frac{m_0}{2\pi kT} \right)^{3/2} \cdot v^2 \cdot e^{-\frac{m_0 v^2}{2kT}}$$

для азота при температуре 300 К. По площади под кривой на диаграмме оценить долю молекул (в процентах), имеющих скорости в интервале от 400 до 600 м/с. [Около 40 %]

22. Акватория Азовского моря составляет $38 \cdot 10^3$ км². Толщина льда 200 мм. Температура на нижней поверхности льда 0 °С, а на верхней – минус 15 °С. Теплопроводность льда 2,3 Вт/(м·К). Найти мощность теплового потока, передаваемого водой через слой льда в атмосферу. [6,6 ТВт]

23. Неизвестный газ охлаждается на 100 К при постоянном объёме. При этом газ отдаёт 250 Дж теплоты. Для нагрева этого же количества данного газа на 50 К при постоянном давлении необходимо подвести 160 Дж теплоты. Считая газ идеальным, определить число степеней свободы, которыми обладают молекулы этого газа. [6]

24. Бак цилиндрической формы объемом $V = 3,0$ м³ и площадью основания $S_1 = 1,0$ м² заполнен водой. Пренебрегая вязкостью воды,

определить время, за которое вся вода выльется из бака через круглое отверстие в дне площадью $S_2 = 1,0 \text{ см}^2$. [2 ч 10 мин]

25. Мокрые стёкла очень трудно разделить, прикладывая силу перпендикулярно к их плоскости. Оценить значение этой силы при следующих допущениях: пятно жидкости имеет форму круга; смачивание полное. Поверхностное натяжение жидкости $0,08 \text{ Н/м}$. Масса жидкости между стеклами $0,15 \text{ г}$. Стёкла находятся на расстоянии 2 мкм . Как облегчить работу по разделению стёкол? [6 кН]

Вариант 29

1. Вычислить момент инерции диска $J = mr^2/2$ по результатам многократных измерений массы диска с помощью весов ($0,5 \text{ г/дел}$) и его диаметра линейкой (1 мм/дел):

| | | | | |
|-----------------|------|------|------|-------|
| $m, \text{ г}$ | 80,0 | 80,5 | 80,5 | 80,0; |
| $d, \text{ мм}$ | 280 | 282 | 284 | 280. |

2. Координата тела при прямолинейном движении изменяется, как показано на рис. 32. Найти начальную скорость тела и его ускорение. Изобразить графически зависимость скорости и ускорения тела от времени. [8 м/с; 2 м/с^2]

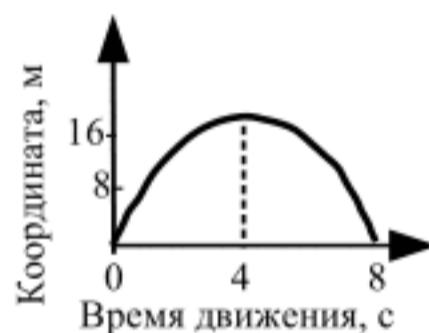


Рис. 32

3. Роторный двигатель Ванкеля объёмом $2 \times 0,64 \text{ л}$, устанавливаемый на автомобиль *Mazda*, развивает максимальную мощность $N_{max} = 250 \text{ л.с.}^{19}$ при частоте вращения 8500 об/мин , тогда как максимальный крутящий момент $M_{max} = 216 \text{ Н}\cdot\text{м}$ достигается уже при 5500 об/мин . Рассчитать работу двигателя за одну минуту при N_{max} и M_{max} . Почему максимальные характеристики N_{max} и M_{max} достигаются при различной частоте вращения? [11,0 и 7,46 МДж]

4. Пуля, летевшая горизонтально, застревает в закреплённом деревянном стержне, углубившись на $10,0 \text{ см}$. Масса пули равна 10 г , её начальная скорость — 600 м/с . Найти силу сопротивления движению пули. На какую глубину войдёт пуля в нижний конец того же стержня, если его свободно повесить за верхний конец? Масса стержня равна $1,8 \text{ кг}$, его длина — $1,2 \text{ м}$. [18 кН; 9,8 см]

5. Электрический заряд непрерывно распределён в объёме длинного цилиндра радиуса 2 см с постоянной плотностью 2 мкКл/м^3 . Найти напряжённость поля данного скопления зарядов в точках, лежащих на расстояниях $1,0$ и $3,0 \text{ см}$ от оси цилиндра, а также разность потенциалов между этими точками. [1,1 кВ/м; 1,5 кВ/м; 35 В]

¹⁹ $1 \text{ кВт} = 1,25962 \text{ л.с.}$

6. Два одинаковых плоских конденсатора, один из которых воздушный, а другой заполнен диэлектриком с проницаемостью ϵ , соединены параллельно и заряжены до напряжения U_0 . Ёмкость первого конденсатора равна C . Определить работу по удалению диэлектрика из второго конденсатора.

$$\left[\frac{CU_0}{4} \cdot (\epsilon^2 - 1) \right]$$

7. Аккумулятор заряжают током $I_1 = 10,0$ А. Вольтметр, подключенный к точкам A и B (рис. 33), показывает разность потенциалов $(\varphi_A - \varphi_B)_1 = 12,80$ В. Затем зарядное устройство отсоединяют и аккумулятор замыкают на электрическую лампу накаливания. При этом лампа потребляет ток $I_2 = 2,0$ А, а тот же вольтметр показывает $(\varphi_A - \varphi_B)_2 = 11,84$ В (стрелка его отклоняется в ту же сторону). Определить

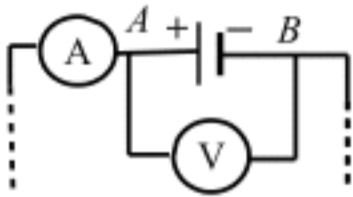


Рис. 33

сопротивление лампы, внутреннее сопротивление аккумулятора и его электродвижущую силу.

$$[5,9 \text{ Ом}; 0,080 \text{ Ом}; 12,0 \text{ В}]$$

8. По кольцу радиусом 25 см течет ток силой 25 А. В одной плоскости с кольцом проходит по касательной к нему длинный прямой провод с током 15 А. Электрический контакт между проводниками отсутствует. Найти индукцию магнитного поля в центре кольца, если направления токов в месте касания противоположны. Как изменится модуль и направление вектора индукции, если изменить направление тока в кольце?

$$[51 \text{ мкТл}]$$

9. Проволочный виток радиусом R движется в магнитном поле вдоль оси x со скоростью v . Индукция поля равномерно возрастает по закону $B = B_0 + \alpha x$. Определить силу тока в витке, считая, что плоскость витка остаётся перпендикулярной линиям индукции. Площадь сечения провода S , удельное сопротивление ρ .

$$[I = \alpha v R S / (2\rho)]$$

10. На вертикально отклоняющие пластины осциллографа подано напряжение $u_y = U_0 \cdot \sin \omega t$, а на горизонтально отклоняющие — напряжение $u_x = kt$. Смещения луча вдоль координатных осей пропорциональны приложенным напряжениям: $x = a \cdot u_x$; $y = b \cdot u_y$. Найти уравнение траектории $y(x)$ электронного луча на экране осциллографа.

$$\left[y = y_0 \sin \frac{\omega}{ka} x \right]$$

11. Груз массой 0,8 кг закреплен между двумя вертикальными стенками на двух пружинах. С одной стороны груза жёсткость пружины равна 1500 Н/м, с другой — 500 Н/м. Полагая, что груз может двигаться только в одном (горизонтальном) направлении, определить

угловую частоту и амплитуду колебаний, если грузу сообщить скорость 2 м/с. [50 с⁻¹; 4 см]

12. Колебательный контур обладает активным сопротивлением 2,0 Ом, индуктивностью 60 нГн и электроёмкостью 0,040 мкФ. В нём поддерживаются незатухающие колебания с амплитудой напряжения на конденсаторе $U_0 = 1,5$ В. Какую среднюю мощность потребляет контур? [1,5 Вт]

13. Для изготовления предварительно напряжённой железобетонной плиты использовали стальную арматуру диаметром 15 мм, растянутую 40-тонным грузом. Длина стержней 6,0 м. Как изменится основная частота колебаний стержней при увеличении силы натяжения вдвое? [Возрастёт на 18 Гц]

14. Два длинных параллельных провода, одни концы которых изолированы, а другие индуктивно соединены с генератором электромагнитных колебаний, погружены в жидкость. При соответствующем подборе частоты генератора вдоль проводов возникают стоячие электромагнитные волны. Расстояние между двумя узлами равно 40 см. Учитывая свойства жидкости ($\epsilon = 26$; $\mu = 1$), определить частоту электромагнитных колебаний. [74 МГц]

15. На стеклянный клин ($n = 1,5$) падает нормально пучок света ($\lambda = 582$ нм). Угол клина равен 20". Какое число тёмных интерференционных полос приходится на 1 см длины клина в отражённом свете? [5]

16. Дифракция наблюдается на расстоянии 1 м от точечного источника монохроматического света (длина волны 0,5 мкм). Посередине между источником света и экраном находится диафрагма с круглым отверстием. Определить радиус отверстия, при котором центр дифракционных колец на экране является наиболее тёмным. [0,5 мм]

17. На металлический шар падает электромагнитное излучение с длиной волны $\lambda = 420$ нм. Найти максимальный потенциал, до которого зарядится шар в результате длительного облучения. Работа выхода электрона из металла равна 1,60 эВ. [1,4 В]

18. Длина волны, на которую приходится максимум энергии в спектре излучения чёрного тела, равна 0,580 мкм. Определить энергетическую светимость поверхности тела и спектральную плотность энергетической светимости для этой длины волны. Как и во сколько раз изменится энергетическая светимость тела, если при той же температуре его интегральная поглощательная способность станет равной 0,8? [35,4 Вт/м²; 40,6 Вт/м³]

19. Частица находится в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной L с бесконечно высокими стенками в основном состоянии ($n = 1$). Определить вероятности обнаружения частицы в областях: $0 \leq x \leq \frac{1}{3}L$ и $\frac{1}{3}L \leq x \leq \frac{2}{3}L$. Изобразить графически плотность вероятности обнаружения электрона в данном состоянии.

[20,2; 0,61]

20. Схема рождения электронно-позитронной пары в кулоновском поле электрона имеет вид: $\gamma + e^- \rightarrow e^- + e^+ + e^-$. Найти пороговую энергию осуществления данной реакции. [1,02 МэВ]

21. В закрытом баллоне находилась смесь водорода с кислородом. Количество газов в смеси было подобрано так, что после реакции в сосуде оказался только ненасыщенный водяной пар. Температура при этом возросла в 1,5 раза. Как и во сколько раз изменилось давление в баллоне в результате реакции? [Не изменилось]

22. Обосновать или опровергнуть утверждения: а) коэффициент диффузии газа прямо пропорционален корню квадратному из массы его молекул; б) азот диффундирует на 7 % быстрее, чем кислород.

23. Два поршня массой $M = 1,0$ кг каждый движутся в цилиндре (рис. 34) навстречу друг к другу со скоростями $v_1 = 7$ м/с и $v_2 = 5$ м/с.

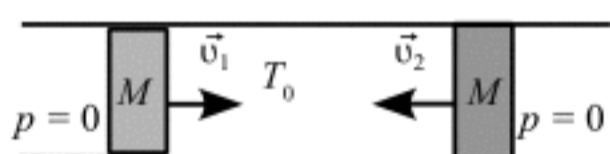


Рис. 34

Между поршнями находится двухатомный газ в количестве $\nu = 0,10$ моль при температуре 273 К. Пренебрегая теплообменом газа с окружающими телами, определить его температуру T в

момент, когда давление газа между поршнями станет максимальным. Процесс сжатия газа считать равновесным, газ – идеальным. Масса поршня много больше массы газа.

$$[\Delta T = M(v_1 + v_2)^2 / (10\nu R), \text{ где } R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}); T = 290 \text{ К}]$$

24. Тяжёлая пустая бочка ёмкостью 300 л и высотой 1 м затонула в вертикальном положении на глубине 5 м. В дне бочки имеется отверстие диаметром 2 см. Оценить время, в течение которого в бочку будет поступать вода. Сколько литров воды окажется в бочке? Температура воздуха внутри бочки не изменяется. Атмосферное давление равно 100 кПа. [1 мин; 10^2 л]

25. В городе площадью 400 км^2 за 10 мин во время ливневого дождя выпало 20 мм осадков. Подсчитать энергию и мощность тепловыделения от слияния капель во время дождя, если капли воды, достигшие земли, имели диаметр 3 мм, а образовались из мелких капель диаметром 3 мкм. [1,2 ТДж; 2,0 ГВт]

Вариант 30

1. Сила света точечного источника $J = 21$ кд. Угол падения света на поверхность, где определяется освещённость, $\alpha = (45 \pm 1)^\circ$. Найти доверительный интервал $E = \langle E \rangle \pm \Delta E$, в котором находится значение освещённости E с вероятностью 0,95. Освещённость в точке, удалённой от источника на расстояние r , рассчитывается по формуле $E = J \cos \alpha / r^2$. Величина r измерена многократно с помощью рулетки (1 мм/дел): r , см : 78,2 78,4 78,3 78,3.

2. Материальная точка движется по дуге окружности радиусом R . Её скорость зависит от дуговой координаты s по закону $v = k\sqrt{s}$, где k – постоянная. Определить угол α между векторами полного ускорения \vec{a} и скорости точки \vec{v} как функцию координаты s .

$$[\alpha = \arctg(2s/R)]$$

3. Кольцо (рис. 35, а) диаметром 1,2 м имеет массу 3,0 кг. Найти его момент инерции относительно оси, лежащей в плоскости кольца и проходящей через центр масс данного тела. Как изменится момент инерции, если кольцо разрезать по диаметру и скрепить серединами этих половинок, как показано на рис 35, б ?

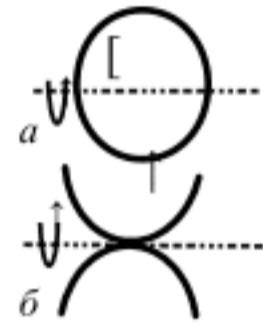


Рис. 35

$$[0,54 \text{ кгм}^2; \text{ на } 0,30 \text{ кгм}^2]$$

4. Горизонтально расположенный деревянный стержень массой 800 г и длиной 180 см может вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через его середину. В конец стержня попадает и застревает в нём пуля массой 3,00 г, летящая перпендикулярно к оси и к стержню со скоростью 50,0 м/с. Определить угловую скорость, с которой начнет вращаться стержень и его кинетическую энергию.

$$[0,619 \text{ рад/с}]$$

5. На двух коаксиальных цилиндрах бесконечной длины, радиусы которых 1,0 и 2,0 мм, равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями 2,0 и 4,0 нКл/м² соответственно. Найти напряжённость электрического поля в трех областях: 1) внутри меньшего цилиндра; 2) на расстоянии 1,5 мм от их общей оси; 3) на расстоянии 0,5 м от внешнего цилиндра. [0; 0,15 кВм; 2,3 В/м]

6. Напряжение на пластинах плоского конденсатора, находящихся на расстоянии 4,0 мм друг от друга, равно 10 В. К одной из пластин прилегают пластинка из стекла ($\epsilon = 7$) толщиной 1,0 мм и пластинка из фарфора ($\epsilon = 5$) толщиной 2,0 мм. Найти напряжённость поля между пластинами в воздухе ($\epsilon = 1$) и в стекле. [6,5 кВ/м; 0,93 кВ/м]

7. Мощность энергопотребления бортовых устройств современного автомобиля достигает 3 кВт при напряжении 12 В. Оценить силу потребляемого тока? В связи с повышением мощности потребителей до 5 – 10 кВт планируется переход на 36- и даже 42-вольтовое электрооборудование. Какой в этом смысл? [0,3 кА]



Рис. 36

8. Длинный изолированный прямой провод с током $I = 3,0$ А посередине свёрнут в кольцо радиуса $R = 12,6$ см (рис. 36). Рассчитать индукцию магнитного поля в центре кольца.

[0,23 мТл]

9. По длинному прямому проводнику идет ток I . По направлению к проводнику с постоянной скоростью v движется прямоугольная рамка со сторонами a и b . Проводник и рамка находятся в одной плоскости. Сторона b параллельна проводнику. Указать на рисунке направление индукционного тока в рамке и определить ЭДС индукции.

$$\left[E = \mu\mu_0 \frac{Ib}{2\pi} \cdot v \frac{a}{r(r+a)} \right]$$

10. Материальная точка совершает гармонические колебания согласно уравнению $x = 5 \cos(\pi/2)t$, где x – смещение, см; t – время, с. В момент времени, когда возвращающая сила впервые достигает значения 2 Н, точка обладает потенциальной энергией 50 Дж. Найти этот момент времени. [2 с]

11. Найти полную энергию груза на пружине через 2 с после начала движения по закону $x = 0,01 e^{-0,1t} \cdot \sin \frac{\pi}{4} t$, где x – смещение, м; t – время, с. Масса груза равна 50 г. [1 мкДж]

12. Катушка колебательного контура намотана плотно в один слой медной проволокой диаметром 500 мкм. Диаметр каркаса катушки $D = 40,0$ мм. Удельное сопротивление меди $\rho = 17,0$ нОм·м. Определить коэффициент затухания электромагнитных колебаний в контуре. [$\delta = 8\rho/(\pi\mu_0 d D) = 1,72 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$]

13. Звукопоглощающая перегородка толщиной 50 мм ослабляет шум на 20 дБ. Какой должна быть толщина перегородки из того же материала, чтобы уровень интенсивности шума уменьшился на 40 дБ? [10 см]

14. Естественный свет падает на два поляроида, плоскости поляризации которых расположены под прямым углом. Какая часть интенсивности падающего света остаётся после прохождения через оба поляроида? Какая часть света пройдёт, если между ними помес-

тить третий поляроид, ось которого образует с осями других поляроидов угол 45° ? [0; $\frac{1}{8}$]

15. На поверхности стекла находится тонкая плёнка воды. На неё падает свет с длиной волны λ под углом α к нормали. Найти скорость, с которой уменьшается толщина плёнки (из-за испарения), если интенсивность отражённого света меняется так, что промежуток времени между последовательными максимумами отражения равен τ .

$$\left[v = \frac{\lambda}{2\tau} \cdot \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} \right]$$

16. На щель шириной $a = 0,1$ мм падает монохроматический свет ($\lambda = 0,5$ мкм). Дифракционная картина наблюдается на экране, удалённом от щели на расстояние L . Ширина центрального дифракционного максимума на экране равна 1 см. Найти значение L . [1 м]

17. На дифракционную решётку с периодом d нормально падает пучок света от разрядной трубки, наполненной атомарным водородом. Дифракционный максимум в спектре k -го порядка, наблюдаемый под углом φ , соответствует одной из линий серии Лаймана. Определить главное квантовое число, соответствующее энергетическому уровню, с которого произошёл переход.

$$\left[n = \left(1 - \frac{k}{R_\lambda d \sin \varphi} \right)^{-1/2}, \text{ где } R_\lambda \text{ — постоянная Ридберга} \right]$$

18. Допустим, что поверхность Солнца излучает как чёрное тело с температурой 5,8 кК. Оценить долю энергии, излучаемой Солнцем в интервале длин волн $\lambda = (500 \pm 10)$ нм, не прибегая к интегрированию. [1,3 %]

19. Частица находится в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной l . Найти вероятность нахождения частицы на первом энергетическом уровне в интервале координат, равном $\frac{1}{4}l$, равноудалённом от стенок ямы. [0,48]

20. Человек получает дозу облучения $D = 0,18$ мГр в год за счёт распада радиоактивных изотопов калия, содержащихся в мышцах. Сколько ядер данного изотопа распадается в теле человека массой 70 кг за сутки и какую эквивалентную дозу получает человек за это время? Начальную скорость β -частиц, испускаемых ядрами калия, принять равной $1,6 \cdot 10^8$ м/с. [$N = 2,3 \cdot 10^9$; $H = 0,49$ мкЗв]

21. Средняя квадратичная скорость молекул кислорода (O_2) равна $v_{\text{кв}} = 470$ м/с. Какова кинетическая энергия поступательного движения всех молекул данного газа массой 45 г? [5 кДж]

22. Размеры молекул углекислого газа и водорода отличаются в два раза. Найти для этих газов отношения коэффициентов диффузии и вязкости, считая, что газы находятся в одинаковых условиях.

[9,5; 2,0]

23. При расширении идеального газа его давление уменьшается от $p_1 = 2$ кПа до $p_2 = 1$ кПа согласно закону $p = K - 0,5V$, где p – давление, Па; V – объём, м³; $K = \text{const}$. Найти работу расширения газа.

[3 МДж]

24. Жидкое топливо плотностью $\rho = 0,8$ г/см³ впрыскивается под давлением в камеру сгорания через распылитель сечением $S = 5$ мм² (рис. 31).

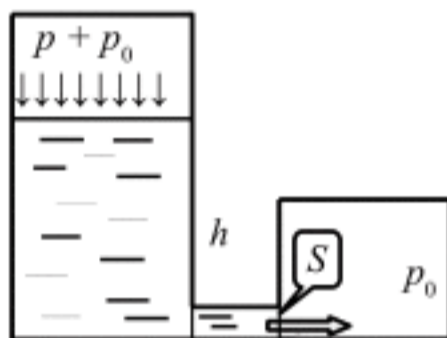


Рис. 31

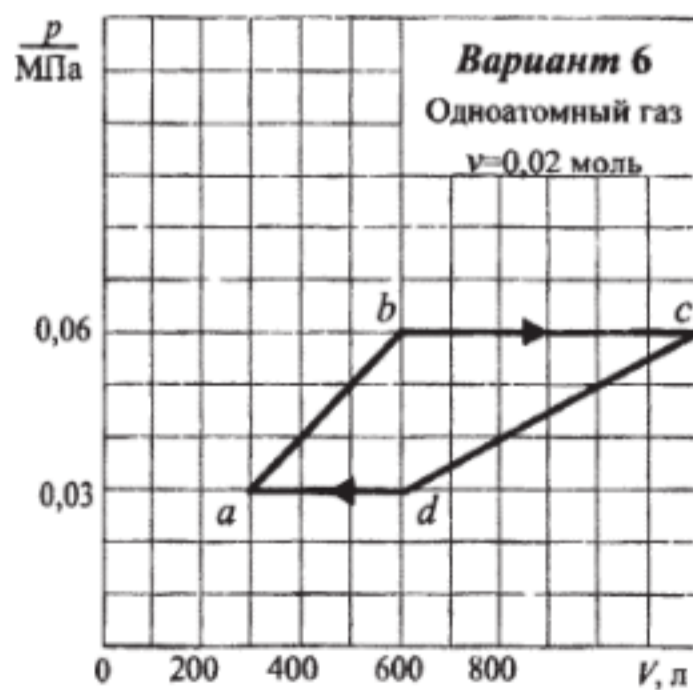
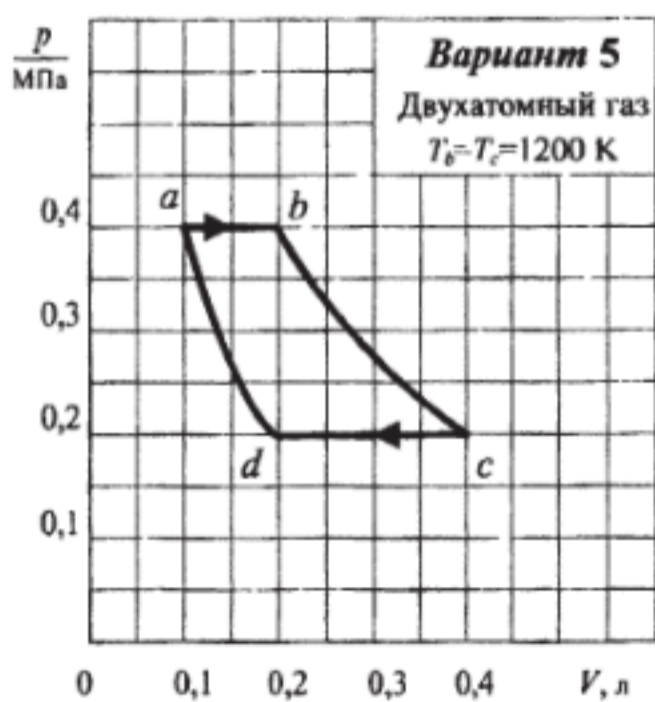
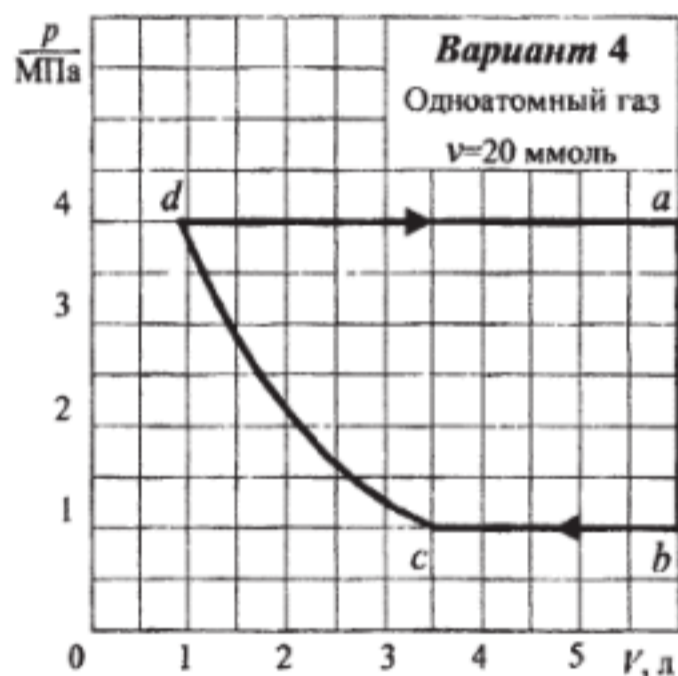
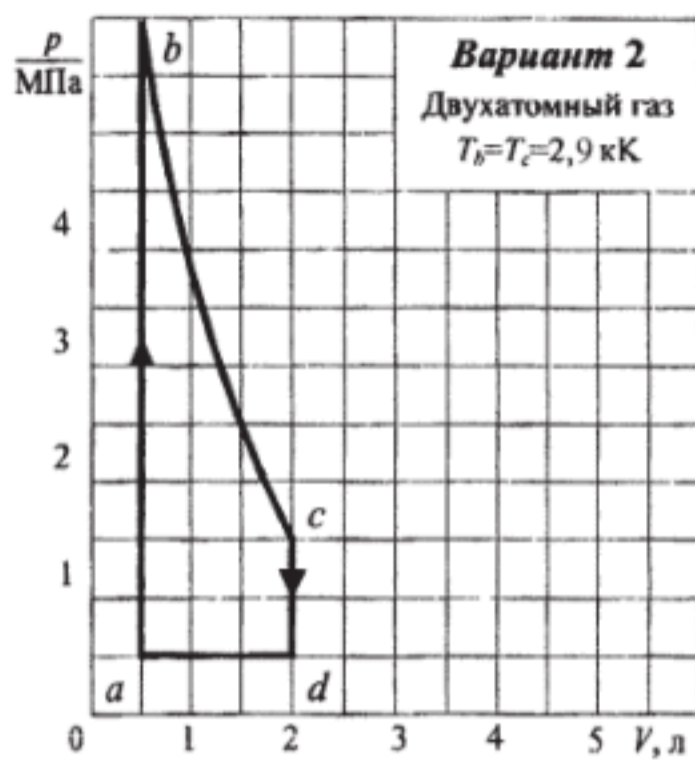
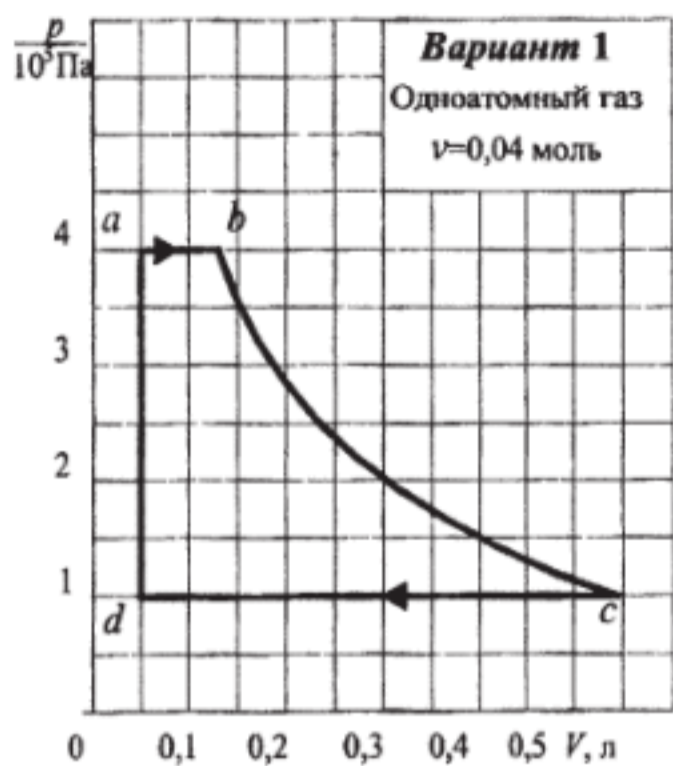
Уровень топлива находится выше распылителя на величину h ($h = 0,5$ м). Избыточное давление над свободной поверхностью топлива в баке $p = 500$ кПа. Давление p_0 в камере сгорания равно атмосферному. Пренебрегая вязкостью жидкости, рассчитать расход топлива.

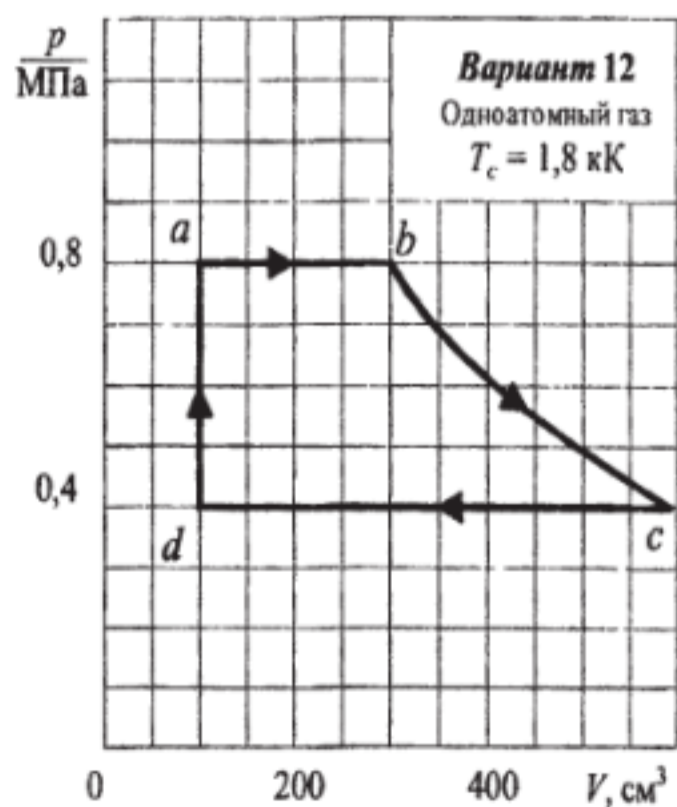
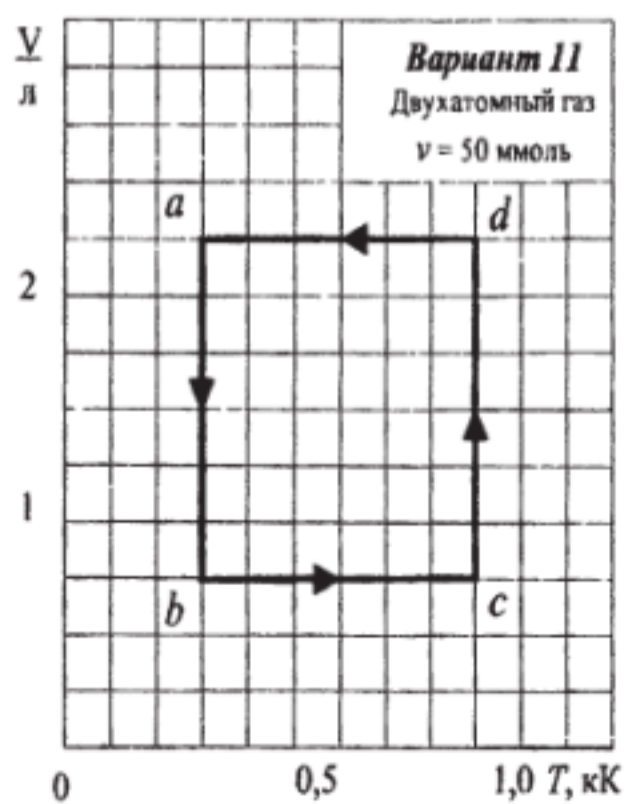
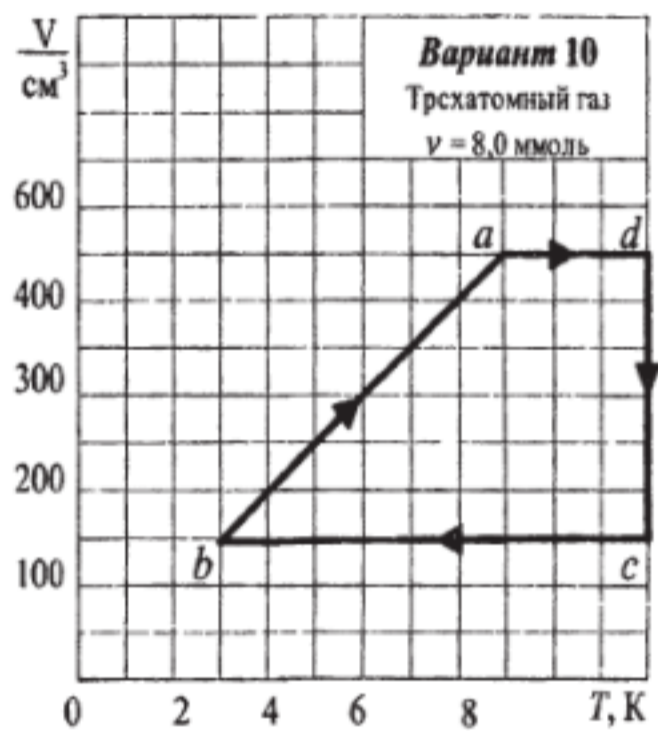
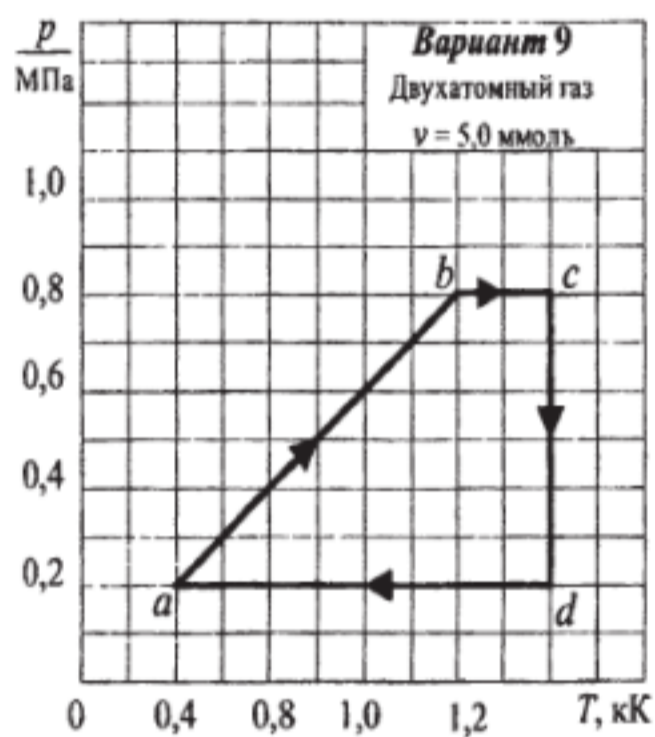
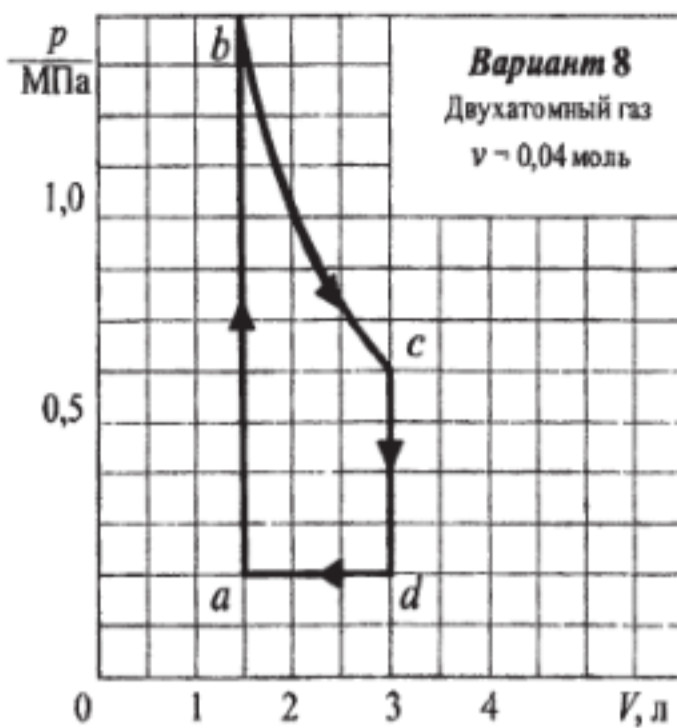
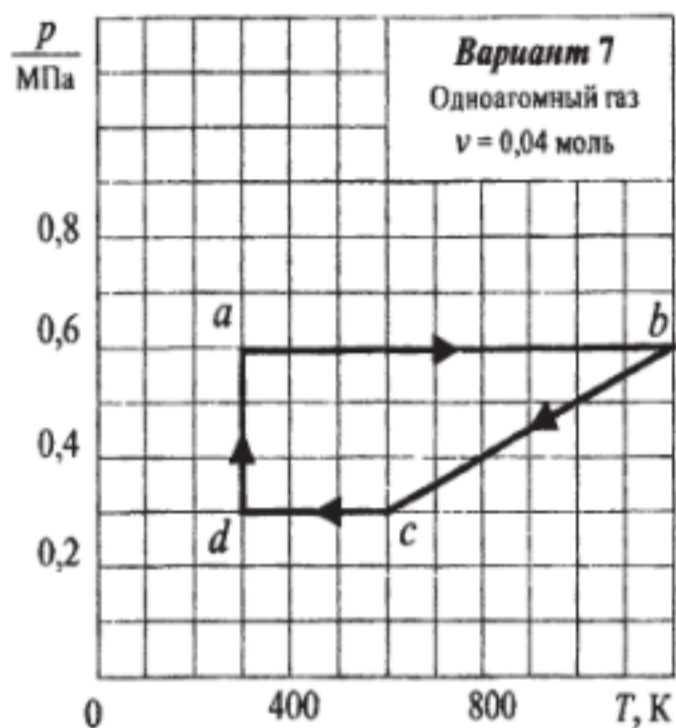
[639 л/ч]

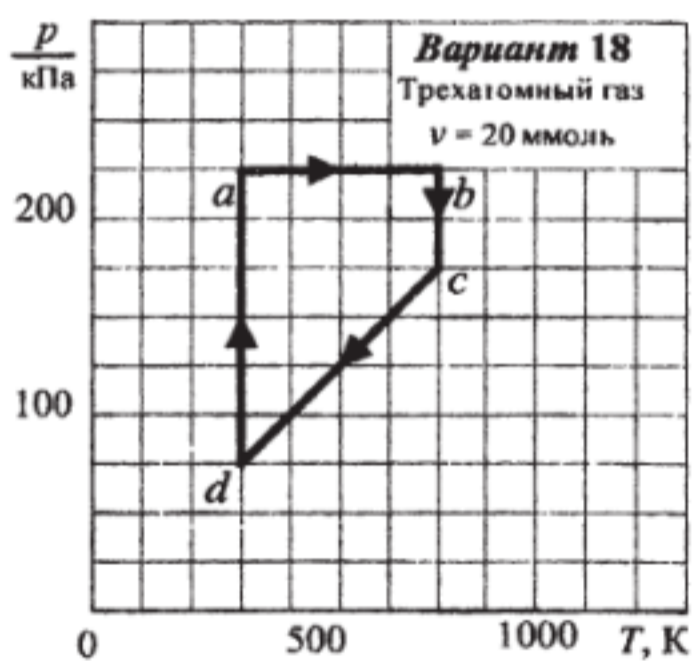
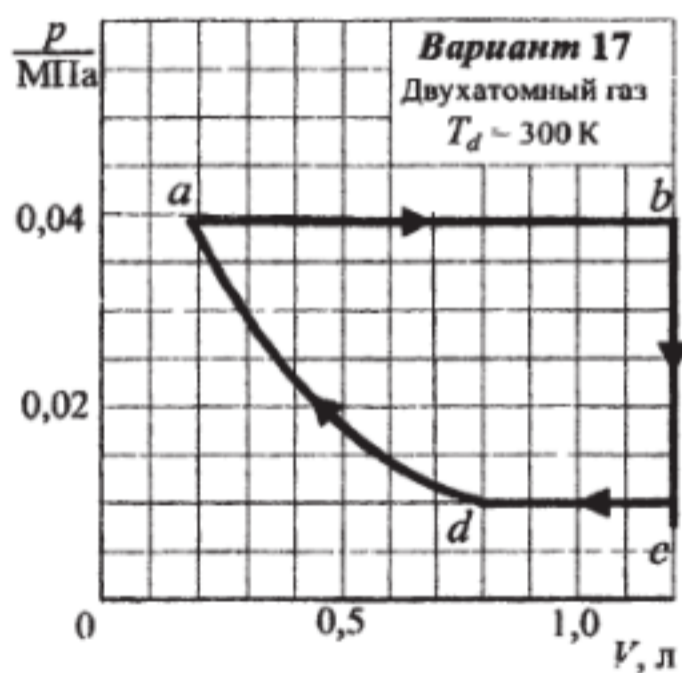
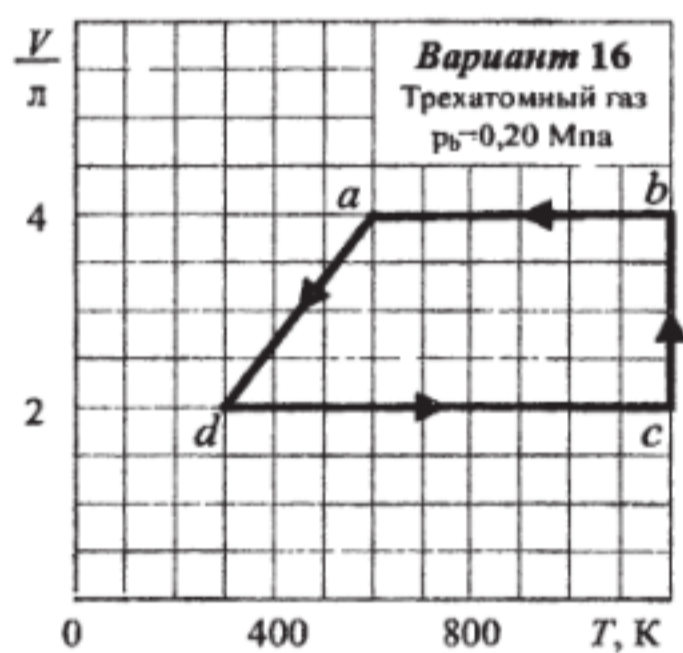
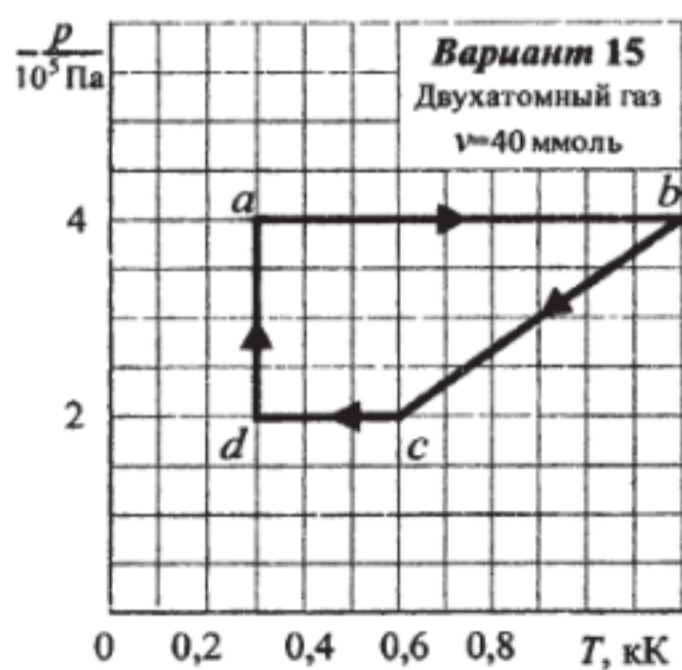
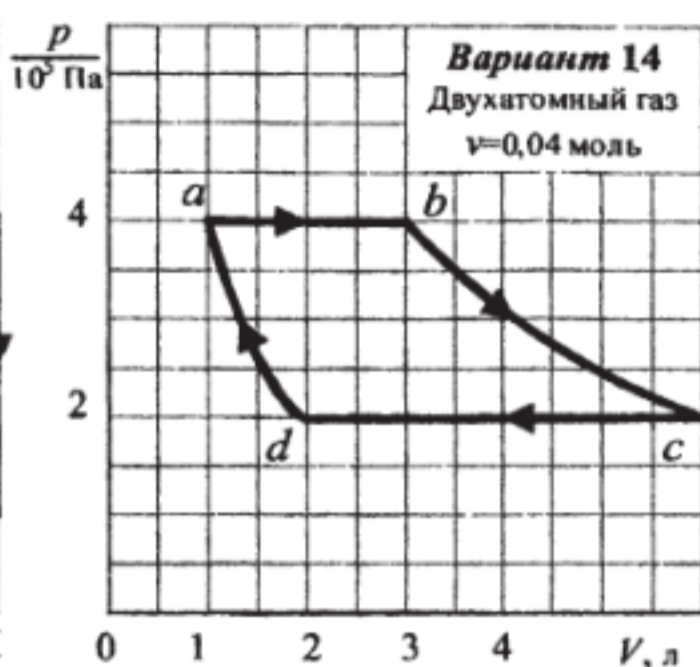
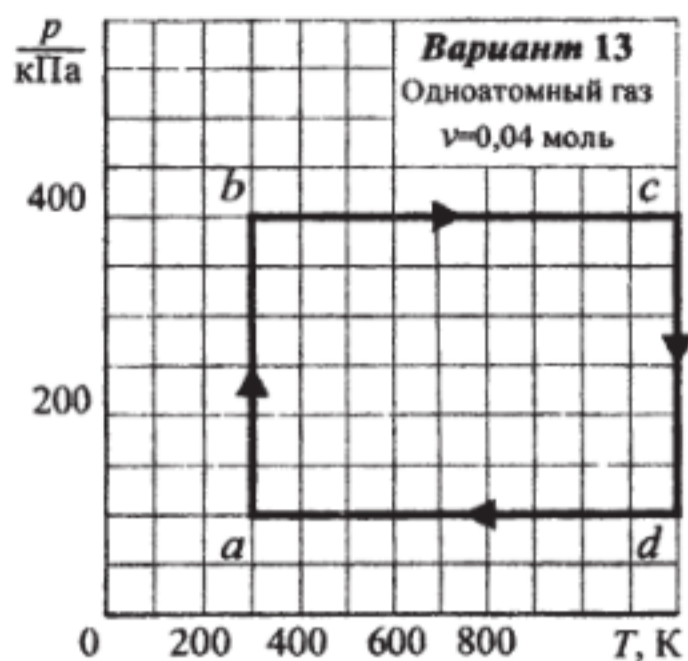
25. Полый цилиндр, подвешенный на пружине, опустили до соприкосновения нижнего торца с жидкостью. При медленном опускании поверхности жидкости цилиндр оторвался от неё, когда пружина растянулась на 5,3 мм. Жёсткость пружины $k = 0,97$ Н/м. Внутренний диаметр цилиндра равен 25 мм, внешний — 26 мм. Какое значение поверхностного натяжения жидкости получено по этим данным?

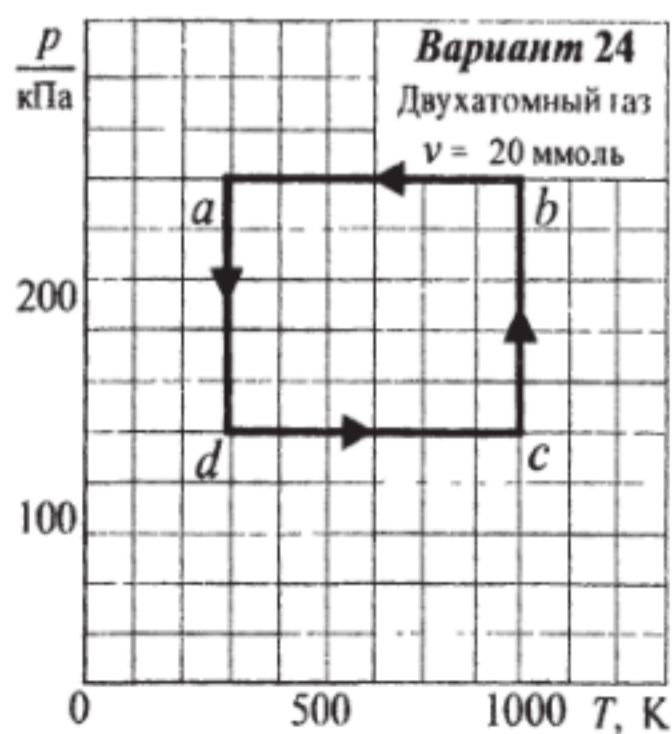
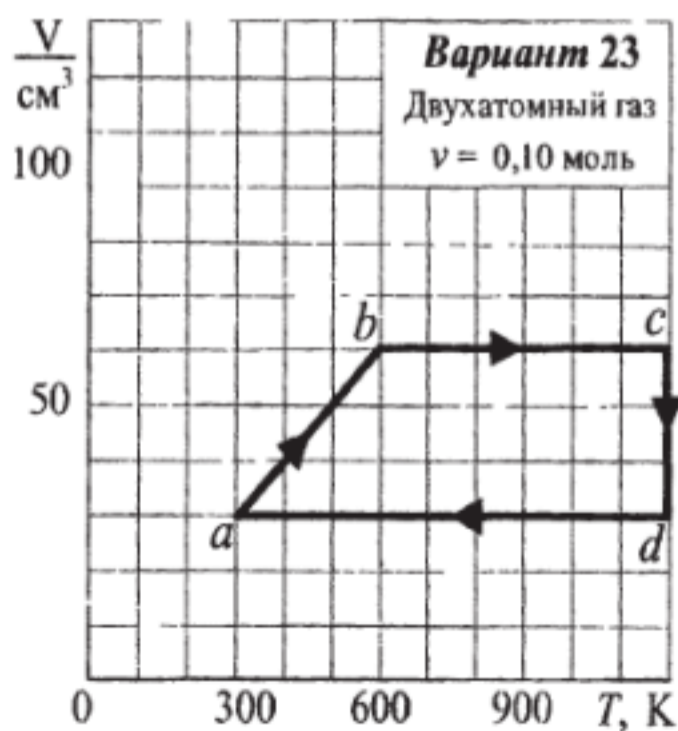
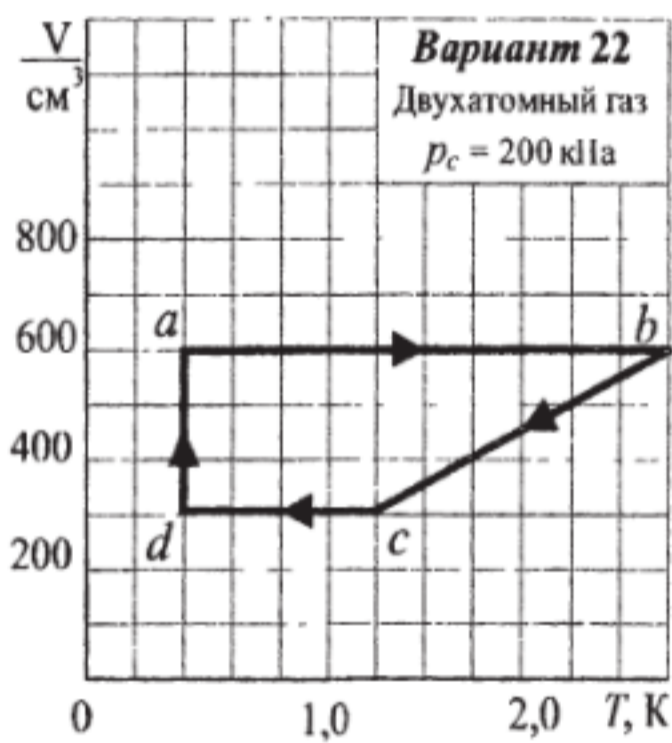
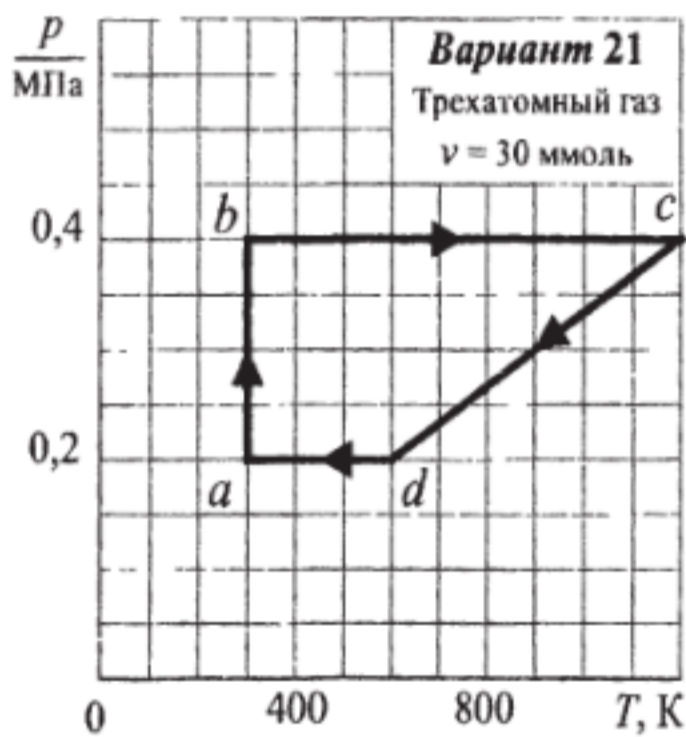
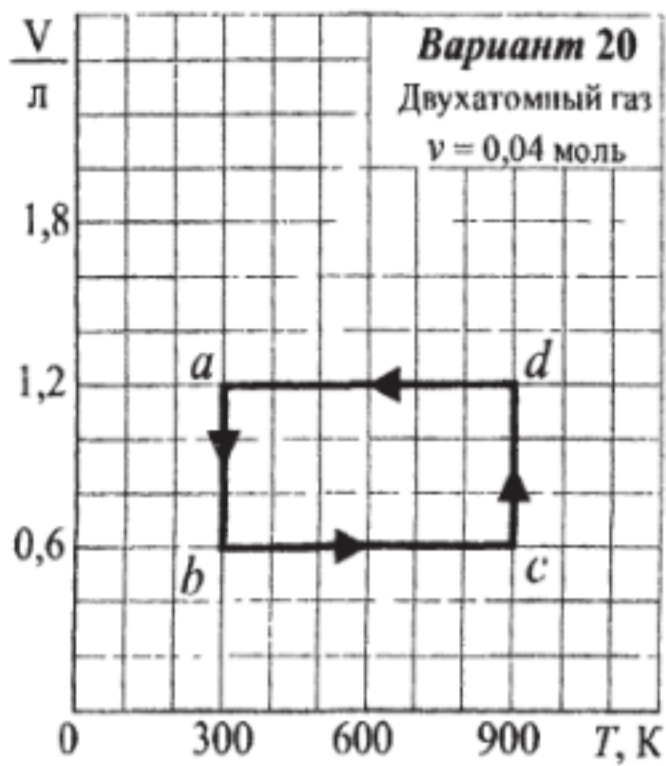
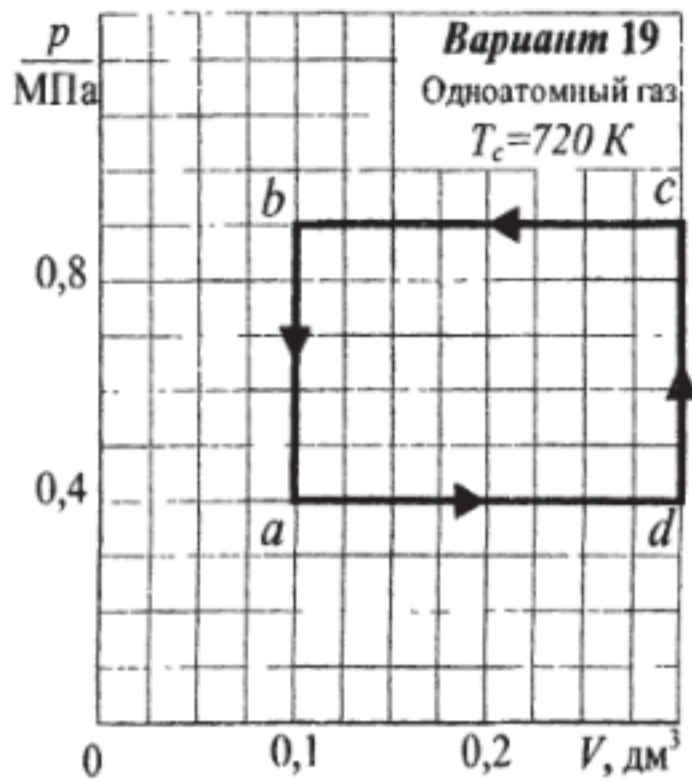
[32 мН/м]

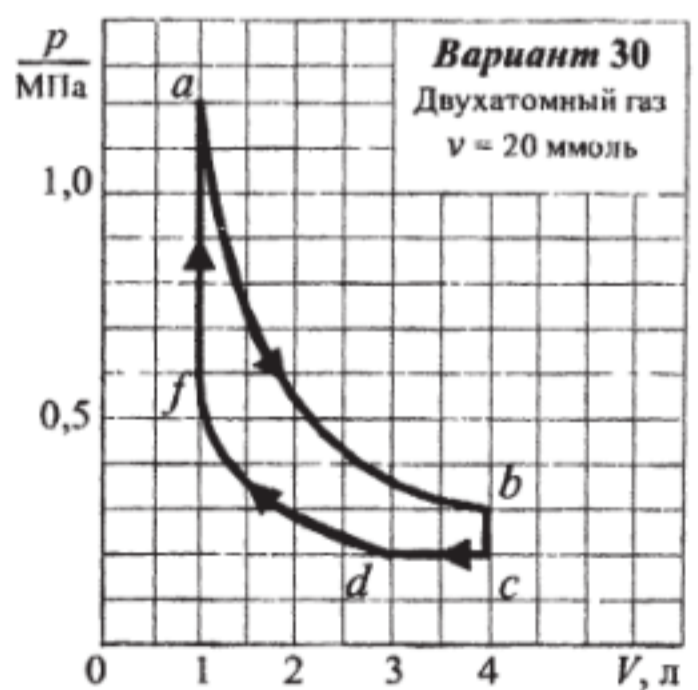
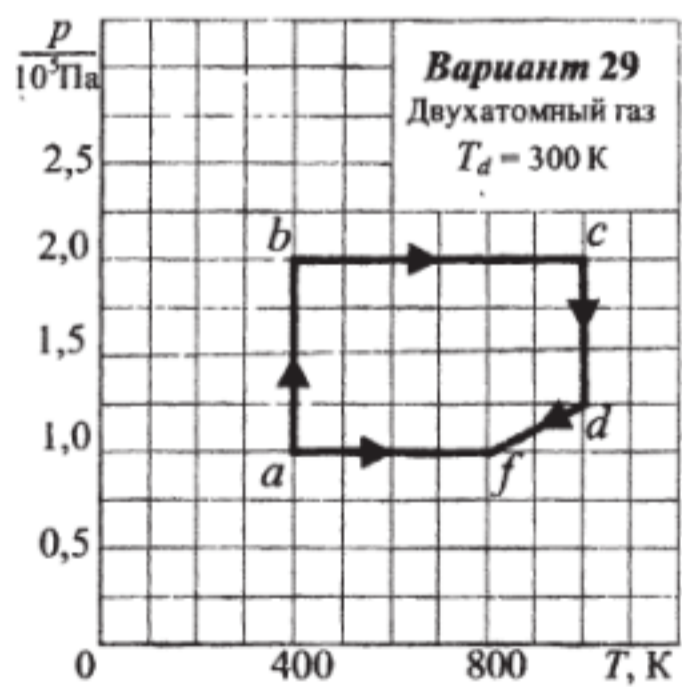
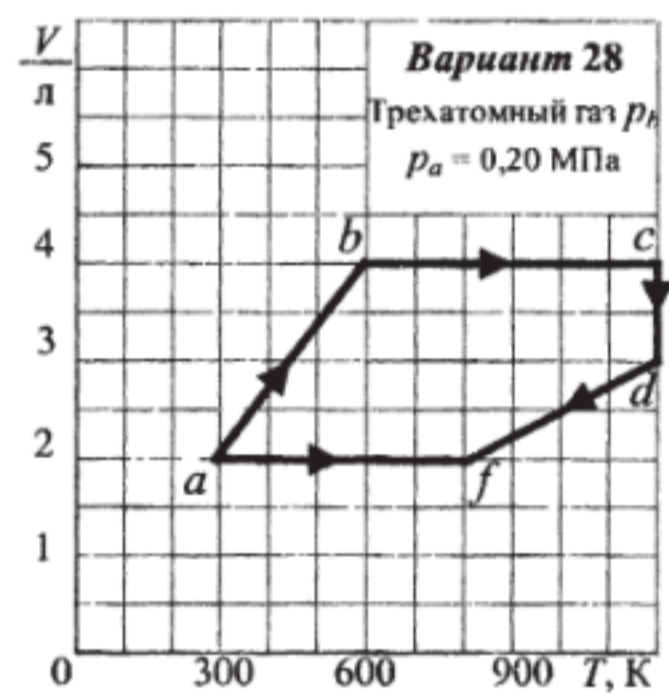
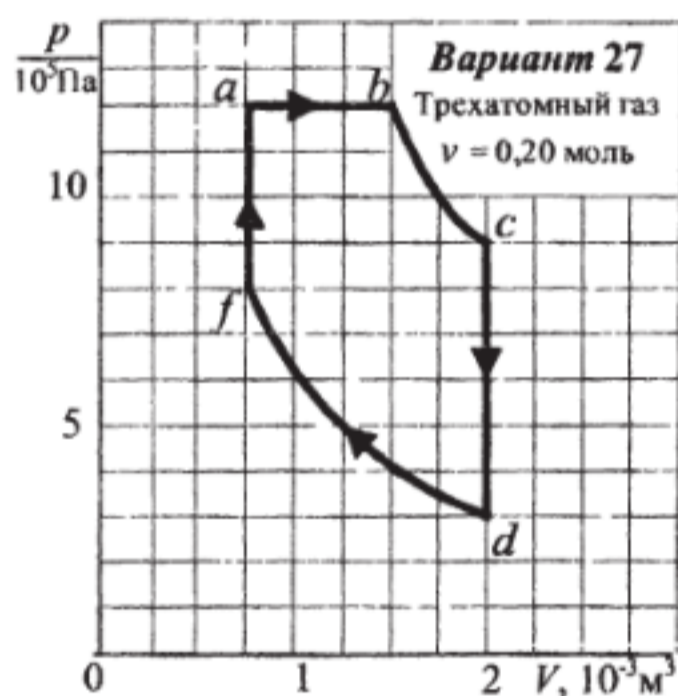
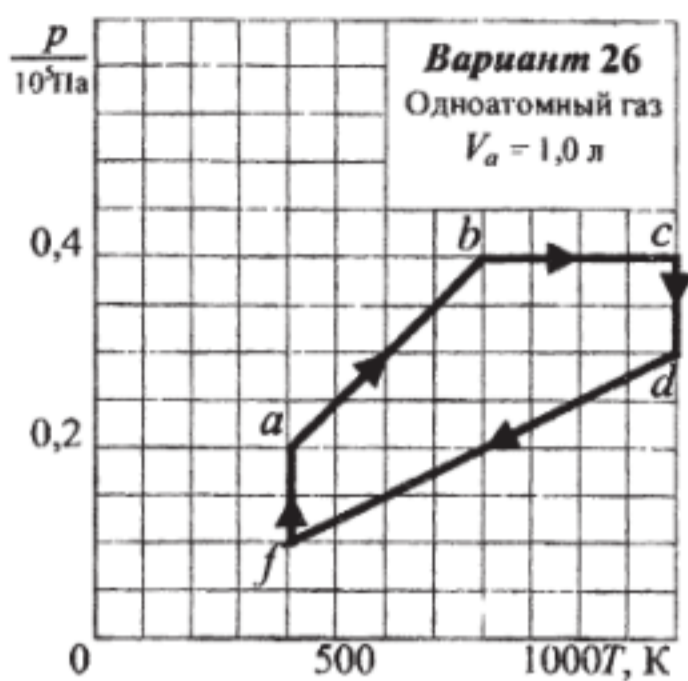
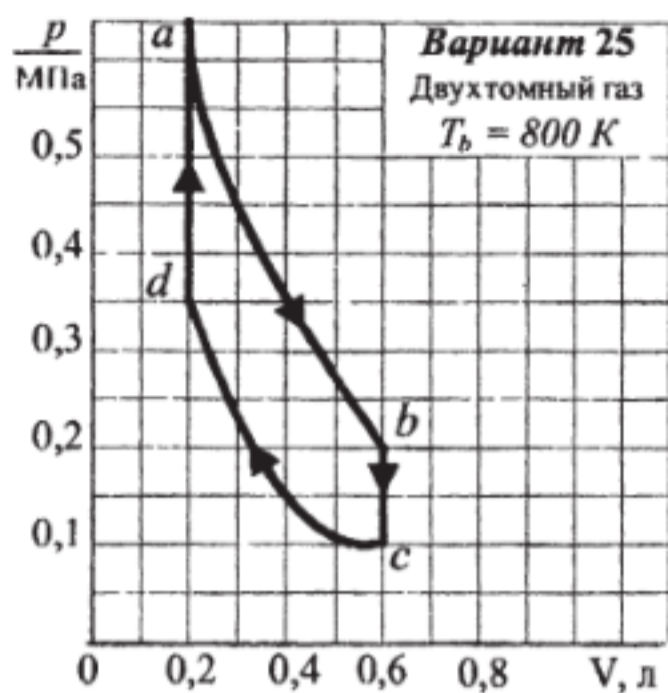
4.8. Диаграммы термодинамических циклов (к заданию 23[□])











4.9. Аннотированный список рекомендуемой литературы

1*. *Бондарев, Б. В.* Курс общей физики : в 3 кн. Кн. 1. Механика; кн. 2. Электромагнетизм, волновая оптика, квантовая физика; кн. 3. Термодинамика, статистическая физика, строение вещества : учебник для бакалавров / Б. В. Бондарев, Н. П. Калашников, Г. Г. Спирин. — 2-е изд. — М. : Издательство Юрайт, 2016. {Учебник нового поколения для студентов, обучающихся по техническим специальностям. Последовательность изложения разделов соответствует современной базовой программе по физике для технических вузов и образовательным стандартам РФ. Глубина проработки учебного материала реализована на двух уровнях. Каждый раздел сопровождается вопросами для самоконтроля.}

2*. *Волькенштейн, В. С.* Сборник задач по общему курсу физики / В. С. Волькенштейн. — 12-е изд. — М. : Наука, 1990. — 400 с. {Основные формулы приводятся с объяснением физического смысла уравнений. Решения типичных задач сопровождаются детальным анализом. По сравнению с предыдущими изданиями количество примеров решений в пособии сокращено, но добавлены новые задачи.}

3*. *Горлач, В. В.* Обработка, представление, интерпретация результатов измерений : учеб. пособие / В. В. Горлач, В. Л. Егоров, Н. А. Иванов; под ред. В. В. Горлача. — Омск : Изд-во СибАДИ, 2006. {Смысл основных понятий и методика оценки погрешностей разъясняются на конкретных примерах. В доступной форме описаны способы нахождения погрешностей прямых и косвенных измерений. Приведены правила выполнения таблиц и диаграмм. Обозначения и определения величин не противоречат нормативным документам законодательной метрологии.}

4*. *Демков, В. П.* Физика. Теория. Методика. Задачи / В. П. Демков, О. Н. Третьякова. — М. : Высшая школа, 2001. {Рассмотрены основные типы физических задач. Сложные задачи сопровождаются подробнейшими решениями. Книга полезна как для школьников, так и для студентов и преподавателей.}

5*. *Ивлиев, А. Д.* Физика : учеб. пособие / А. Д. Ивлиев. — СПб. : Лань, 2008. {Книга знакомит читателя со структурой физики, показывает взаимосвязи ее разделов. Выделены определения физических величин и фундаментальные законы. На примерах показана методика решения типовых задач.}

6*. *Калашников, Н. П.* Основы физики. В 2 т. Т. 1. Механика, электромагнетизм, колебания и волны. Т. 2. Волновая оптика, квантовая физика, статистическая физика и термодинамика : учебник для вузов / Н. П. Калашников, М. А. Смондырев. — М. : Дрофа,

2004. {Учебник соответствует программе курса «Физика» для технических вузов общего профиля, написан в простой, доступной форме, содержит интересный материал для дополнительного чтения, вопросы для самоконтроля и примеры решения задач.}

7*. Костко, О. К. Физика для строительных и архитектурных вузов : учеб. пособие / О. К. Костко. — Ростов н/Д : Феникс, 2004. {Пособие представляет собой сжатое упрощенное изложение основных разделов физики. Многие вопросы теории сопровождаются примерами решения задач с пояснениями.}

8*. Новиков, С. М. Сборник заданий по общей физике : учеб. пособие для студентов вузов / С. М. Новиков. — М. : ОНИКС 21 век: Мир и образование, 2007. {Последовательность изложения и глубина проработки учебного материала соответствуют действующей программе по физике для технических и технологических специальностей вузов. В каждый из разделов включено краткое теоретическое введение, большое количество задач для самостоятельного решения и несколько примеров.}

9*. Новодворская, Е. М. Сборник задач по физике с решениями для вузов / Е. М. Новодворская, Э. М. Дмитриев. — М. : ОНИКС 21 век: Мир и образование, 2005. {В пособии рассмотрены задачи по основным разделам курса физики: механика, электричество и магнетизм, волновые свойства света, молекулярная физика и термодинамика. Показано, что успех решения задачи обусловлен детальным анализом исходных данных и особенностей протекания физических процессов.}

10*. Оселедчик, Ю. С. Физика. Модульный курс (для технических вузов) : учеб. пособие для бакалавров / Ю. С. Оселедчик, П. И. Самойленко, Т. Н. Точилина. — М. : Издательство Юрайт, 2016. {В каждом из 12 модулей представлены краткая теория, контрольные вопросы и примеры решения задач.}

11*. Трофимова, Т. И. Курс физики : учеб. пособие для студентов вузов / Т. И. Трофимова. — М. : Академия, 2015. {Показана взаимосвязь классической и современной физики. Каждый раздел сопровождается контрольными вопросами. Задачи для самостоятельного решения снабжены ответами. Отдельно выписаны основные формулы.}

12*. Трофимова, Т. И. Курс физики. Задачи и решения : учеб. пособие для студентов вузов / Т. И. Трофимова, А. А. Фирсов. — М. : Академия, 2004. {Приводятся основные формулы по темам и примеры решения задач. Больше половины задач предназначено для самостоятельной работы; ответы даются и в общем виде, и в виде числа.}

13*. Трофимова, Т. И. Руководство к решению задач по физике : учеб. пособие для бакалавров / Т. И. Трофимова. — 3-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016. {Рекомендовано для студентов вузов, обучающихся по техническим направлениям и специальностям.}

14*. Чертов, А. Г. Задачник по физике : учеб. пособие для студентов вузов / А. Г. Чертов, А. А. Воробьев. — М. : Изд-во физмат. литературы, 2009. {Имеются необходимые формулы, таблицы физических постоянных и математическое приложение. Среди задач разной степени трудности в сборник включено достаточное количество простых, тренировочных. Показаны примеры решения с подробным анализом.}

Нормативные документы

1. ГОСТ 8.417-2002. ГСИ. Единицы физических величин.
2. ГОСТ 2.105-95. ЕСКД. Общие требования к текстовым документам. — Минск : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации.
3. ГОСТ 7.1-2003. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическое описание документа: Общие требования и правила составления.
4. СТ СЭВ 543-77. Числа. Правила записи и округления.
5. РД 50-77-88. ЕСКД. Правила выполнения диаграмм. — М. : Изд-во стандартов, 1989.
6. Фундаментальные физические постоянные // Успехи физических наук. — 2003. — Т. 173. — № 3. — С. 139—142.
7. Таблицы стандартных справочных данных. Фундаментальные физические константы. ГССД 1-87. — М. : Изд-во стандартов, 1989. Комитет по численным данным для науки и техники Международного совета научных организаций (CODATA).

5. УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА

5.1. Тематика рефератов

Механика

1. Измерение скорости транспортных средств на суше, на море и в воздухе.
2. Методы исследования механических напряжений в строительных конструкциях и деталях машин.
3. Современные методы измерения коэффициентов трения качения и скольжения.
4. Физика торможения наземных транспортных средств – от педали тормоза до дорожного покрытия.
5. Компьютерное моделирование движения тела, брошенного под углом к горизонту с учётом сопротивления воздуха в интервале скоростей от нуля до первой космической скорости.
6. Неинерциальные системы отсчёта. Силы инерции в технике.
7. Экспериментальная проверка эффектов, предсказываемых теорией относительности.

Электродинамика

1. Физико-химические процессы при зарядке и разрядке электрических аккумуляторов.
2. Измерение малых зарядов, токов, напряжений.
3. Способы нейтрализации статического электричества.
4. Методы записи и воспроизведения информации.
5. Сверхпроводники: перспективы применения в технике.
6. Влияние магнитных и электрических полей на молекулярную структуру воды и её физико-химические свойства.
7. Плазменная обработка строительных материалов и изделий.
8. Электрические токи в атмосфере.
9. Методы измерения характеристик магнитного поля (магнитная индукция, магнитный поток). Сравнение точности различных методов.
10. Применение эффекта Холла в технике.

11. Устройство и принцип действия датчика Холла, применяемого в бесконтактной системе зажигания ДВС.

Колебания и волны

1. Механические автоколебания.
2. Электромагнитные автоколебания.
3. Акустическая модуляция света и её использование в информационно-измерительной технике.
4. Ультразвук, его свойства и применение в производстве строительных конструкций, ремонте машин.
5. Инфразвук: источники, способы регистрации, физиологическое воздействие.
6. Способы получения голограмм.
7. Технические приложения голографической интерферометрии.
8. Акустические методы в диагностике работы механизмов.
9. Физические принципы генерирования электромагнитных излучений в различных диапазонах длин волн.
10. Поглощение электромагнитных излучений в различных средах в зависимости от длины волны.
11. Принцип действия радаров в ультразвуковом и микроволновом диапазонах.
12. Особенности радиосвязи между наземными станциями и космическими аппаратами, между воздушными судами и подводными лодками.
13. Оптические явления в атмосфере.
14. Разрешающая способность оптических приборов.
15. Физические свойства драгоценных камней. Способы определения их подлинности.
16. Оптика и безопасность автомобильного движения.
17. Методы измерения скорости электромагнитных волн в различных средах.

Квантовая физика

1. Методы определения постоянной Планка.
2. Квантовый эффект Холла.

3. Объяснение давления света на основе волновых и квантовых представлений о природе электромагнитного излучения.
4. Волны де Бройля — атрибут теории или реальность?
5. Использование ядерных излучений в производстве строительных конструкций: контроль влажности, плотности, однородности исходных материалов и готовых изделий.
6. Эффект Мёссбауэра и его применение.
7. Эффект Джозефсона и его применение.
8. Туннельный эффект. Экспериментальные факты, объясняемые туннелированием микрочастиц.
9. Туннелирование в твёрдых телах и туннельный микроскоп.
10. Полупроводниковые лазеры и светодиоды: принцип действия и области применения.
11. Лазер как автоколебательная система.
12. Квантовые генераторы в бытовой технике.
13. Применение лазеров в строительстве и геодезии.
14. Рентгеновские методы исследования твердых тел.

Статистическая физика, термодинамика

1. Компьютерное моделирование диффузии в газах, жидкостях, твёрдых телах.
2. Теплоперенос при обогреве помещений.
3. Кондиционеры и тепловые насосы. Эффективность их использования в региональных климатических условиях.
4. Как дом теряет тепло? Вопросы теплосбережения при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий.
5. Датчики температуры (цветовые индикаторы, облучённые кристаллы, терморезисторы и т.д.).
6. Физические принципы действия холодильных машин различного типа (компрессионных, диффузионных и т.д.).
7. Успехи нанотехнологии.
8. Существует ли самоорганизация в физических системах?
9. Какая температура в космосе? Реликтовое излучение.

Физика конденсированных сред

1. Необыкновенные физические свойства воды.
2. Жидкие кристаллы в технике.
3. Использование струи воды в качестве режущего инструмента: технические параметры промышленных и медицинских гидроустановок.
4. Гидравлический удар: теория, применение в технике.
5. Кумулятивный эффект и его применение.
6. Фазовые переходы в твёрдых телах.
7. Что характеризуют «характеристические» температуры в физике твёрдого тела (температура Дебая, температура Нееля, точка Кюри и т.д.).
8. Методы измерения характеристических температур в физике твёрдого тела.
9. Влияние дефектов кристаллической решётки на механические тепловые и электрические свойства твёрдых тел.
10. Физика сварки, пайки, склеивания, слипания.
11. Изменение физических свойств конструкционных материалов и деталей машин под действием радиации.
12. Диэлектрическая проницаемость конденсированных сред на различных частотах. Методы измерения диэлектрической проницаемости и показателя преломления.

Физика и экология

1. Физические аспекты экологических проблем:
 - а) глобальное потепление;
 - б) акустическое, электромагнитное и радиационное загрязнения окружающей среды.
2. Анализ путей энергосбережения на транспорте.
3. Электромагнитные поля бытовых приборов.
4. Воздействие радиации на человека: физические и химические процессы.
5. Утилизация и захоронение радиоактивных отходов: пути решения проблемы.
6. Акустическое загрязнение биосферы.

7. Проблема подъёма грунтовых вод.
8. Нетрадиционная энергетика. Способы преобразования энергии Солнца, земных недр, ветра, приливов в электрическую энергию.
9. Солнечная активность и её влияние на физико-химические и биологические процессы.

Общие вопросы современной физики

1. Принципы симметрии и законы сохранения.
2. За что присуждается Нобелевская премия? Открытия последних лет, отмеченные Нобелевской премией по физике.
3. Как создают новые материалы с уникальными физическими свойствами?
4. Неразрушающий контроль в технике на основе томографии.
5. Физические принципы действия датчиков, выдающих информацию на приборную доску современного автомобиля.
6. Современные источники света: физика и экономика.
7. Физические принципы работы современной множительной техники (копировальные аппараты, сканеры, струйные и лазерные принтеры).
8. Как действует цифровой фотоаппарат?
9. Физические методы дефектоскопии: электромагнитный, акустический, радиационный и другие.
10. Элементы памяти устройств, считывающих и воспроизводящих информацию, в том числе и оптических носителей.
11. Как создаётся изображение: а) в электронно-лучевой трубке; б) в жидкокристаллической и плазменной панелях?
12. Проблемы на пути освоения термоядерной энергии.
13. Геометрический смысл интеграла: 10 примеров из физики и других естественных наук.
14. Энтропия, вероятность и информация.
15. Возможности исследований и ожидаемые результаты на большом адронном коллайдере.
16. Вклад физики в современные компьютерные технологии.
17. Компьютерное моделирование физических процессов.

5.2. Начало научного поиска. Источники информации

Выберите тему научной работы (см. п. 5.1) и согласуйте с преподавателем. Найдите литературу по теме. Материалы из *Internet* используйте только при условиях: а) в них имеются ссылки на первоисточники; б) эти материалы представлены известными учёными, работающими в этой области. Запишите номера страниц в книгах и журналах, адреса сайтов, где имеются интересующие вас сведения, чтобы затем можно было быстро их найти для основательной проработки. Найдите схожие и различные трактовки вопроса в отдельных подобранных источниках, отметьте наиболее аргументированные. Составьте примерное оглавление реферата²⁰ и обсудите с руководителем.

Ценность реферата по современным проблемам физики и техники определяется в основном свежестью первоисточников, поэтому используйте прежде всего периодические издания (научные и научно-популярные журналы и сборники статей) за последние 5 лет.

Среди журналов, где можно найти информацию по естественно-научной тематике, есть как доступные для массового читателя: «Наука и жизнь», «Техника и наука», «Техника молодёжи» и т.д., так и журналы для специалистов отдельных отраслей, например «Ресурсосберегающие технологии», «Энергосбережение», «Архитектура и строительство», реферативные журналы.

Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ) в своих периодических изданиях даёт обзоры научно-технической литературы по проблемам физико-математических, естественных и технических наук. В частности, с 1953 г. издаётся по отдельным отраслям науки и техники «Реферативный журнал», в котором публикуются рефераты, аннотации, библиографические описания новых книг, статей из журналов и сборников, материалов конференций, тезисов, патентов, нормативных документов, депонированных научных работ.

Электронный реферативный журнал (ЭлРЖ) позволяет просмотреть на компьютере как отдельный номер РЖ, так и создать различные поисковые комбинации по признакам, входящим в описание документа, таким как автор, заглавие, источник, ключевые слова и т.д. По наполнению и порядку расположения разделов каждый номер ЭлРЖ полностью повторяет соответствующий номер РЖ в печатной форме. ЭлРЖ доступен по адресу: <http://www.viniti.ru>.

²⁰ Рефератом (от лат. *referre* – докладываю, сообщаю) называют доклад на определённую тему, включающий обзор соответствующих литературных и других источников, и краткое изложение содержания научной работы, книги и т.п.

«Российская национальная библиография» (РНБ) представляет собой электронную базу данных на книги и брошюры, опубликованные с 1980 по 2000 г., а также описания авторефератов диссертаций с 1991 г. Продолжением РНБ с 2000 г. является база данных «Библиографические записи на книги и брошюры».

Электронная библиотека технической литературы «Нефть и газ» расположена по адресу <http://www.oglibrary.ru>. С помощью этой библиотеки можно быстро найти нужную книгу, просмотреть её и скопировать нужные страницы.

Информацию по естественным наукам также можно найти на образовательных сайтах:

- www.scientific.ru – междисциплинарный научный сервер;
- <http://physnet.ru> – портал фундаментального физического образования России;
- www.chemnet.ru – портал фундаментального химического образования России;
- www.science.gov – сайт по науке правительства США (на англ. языке);
- www.science.org.au/nova – новости науки (Австралия).

5.3. Оформление результатов исследования

Письменно изложите содержание работы, следуя пунктам плана. Объём реферата – не более 16 страниц. Чтобы представить информацию в компактном виде, используйте таблицы, фотографии, диаграммы. На титульном листе укажите наименование вуза и кафедры, свою фамилию и инициалы, номер группы и факультет, должность и фамилию научного руководителя, год написания работы.

В зависимости от темы реферата заголовки отдельных его частей могут быть различными. Однако в содержание реферата, кроме прочих, обычно включаются следующие вопросы:

- актуальность темы, её познавательное значение;
- краткая история открытия и исследования явления;
- физическая сущность явления: в чём оно заключается; какими детекторами обнаруживается, как управлять им; границы применимости законов, описывающих данное явление; перспективы дальнейшего изучения явления; трактовка вопроса разными авторами; суждение составителя реферата о затронутой проблеме;
- практическое применение результатов исследований;
- использованная литература.

Сплошное переписывание текста из книг не будет изложением главного.

Копирование готовых рефератов (выполненных кем-то ранее, в том числе в Internet) не поощряется.

Хорошим считается реферат, в котором сочетаются краткость изложения и широта охвата материала, в котором исключены несущественные подробности без нарушения логических взаимосвязей. Оценивая работу, руководитель учитывает также её научность, новизну и связь со специальностью.

5.3.1. Библиографические ссылки

Реферат вызывает доверие, если указаны источники информации.

В конце цитаты из книги, журнала или после упоминания литературного источника ставьте номер в квадратных скобках, например [4, С. 124], под которым в списке литературы на последней странице реферата приводится библиографическое описание этого документа (ссылка²¹), например «4. Фен Дж. Машины, энергия, энтропия/ Дж. Фен. – М.: Мир, 1986. – 336 с.» Нумерация ссылок сплошная в порядке упоминания документа в тексте реферата. Указание страницы, откуда взята цитата (С. 124 в данном примере), необязательно, но желательно.

Полное библиографическое описание содержит следующие сведения:

1) заголовок записи; 2) основное заглавие; 3) сведения, уточняющие название; 4) сведения об ответственности; 5) сведения о переиздании; 6) выходные данные; 7) количественная характеристика.²²

Библиографические описания документов из Internet (книг, статей из журналов и сборников) содержат две дополнительные записи. Первая из них – **[Электрон. ресурс]** – вставляется после названия книги или статьи; вторая – **Режим доступа:** с указанием электронного адреса и формата документа – после окончания описания, например, «Электронный консультант по физике: [Электронный ресурс]/ В.В. Горлач и др. Омск, 1997. – Режим доступа: (<http://www.omskelecom.ru/acad>)».

Библиографические сведения разделяются знаками препинания (табл. 11). Знаки ставятся перед соответствующим элементом описания.

21 Библиографическая ссылка – совокупность сведений о цитируемом или упоминаемом документе (книге, статье, интернет-издании, электронной базе данных и т.д.).

22 Сведения по пп. 3 и 5 в реферате приводить необязательно.

**Разделительные знаки
элементов библиографического описания издания**

| По- зи- ция | Элемент библиографиче- ского описания | Раздели- тельный знак | Содержание элемента |
|-------------------|---|-----------------------------|---|
| 1 | Заголовок | | Фамилия и инициалы автора или, если авторов несколько, одного из них |
| 2 | Основное заглавие | . | Название книги или статьи |
| 3 | Сведения, уточняющие название | : | Вид издания (руководство, методические указания, справочное пособие, учебное пособие) |
| 4 | Сведения об ответственности | / | Инициалы и фамилии всех авторов в порядке убывания ответственности за содержание издания |
| 5 | Сведения о переиздании | • – | Порядковый номер издания, его особенности (например, 20-е издание, доп. и испр.) |
| 6 | Выходные данные | • – : , | Место издания (город) Название издательства Год издания |
| 7 | Коли- чественная характеристика | • – | Число страниц для книг, брошюр, сборников статей, начальная и конечная страницы жур- нала или сборника, где опубликована статья |

Примеры библиографических описаний по ГОСТ 7.1 – 2003²³:

Книга одного или нескольких авторов (не более трёх)

1. Лозовский В.Н. Фундаментализация высшего технического образования. Цели. Идеи. Практика/ В.Н. Лозовский, С.В. Лозовский, В.Е. Шукшунов. – СПб.: Лань, 2006. – 128 с.

Книга более трех авторов

2. Статистическая обработка результатов экспериментов на микроЭВМ и программируемых калькуляторах/ Костылев А.А. и др. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1991. – 304 с.

Статья из журнала

3. Гладун А.Д. Физическое образование: прагматизм или развитие мышления? /А.Д. Гладун., О.Н. Голубева, А.Д. Суханов//

²³ ГОСТ 7.1 — 2003. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическое описание документа: Общие требования и правила составления.

Ж-л Моск. физ. общества, сер. Б. Физическое образование в вузах. – 1995. – Т.1. – №2. – С. 41 – 54.

Статья из сборника

4. Направления модернизации индивидуальных заданий/ В.В. Горлач и др.// Современные образовательные технологии: материалы науч.-метод. конф. 9-12 февр.1990 г. – Омск, 1999. –С. 51 – 52.

5.3.2. Правила составления таблиц

- ♦ В заголовке таблицы (в начале столбца или строки) указывайте символ величины и через запятую наименование её единицы, например, $U, В$; $I, 10^{-3} А$, или $I, мА$ (табл. 12). Если во всех числах строки или столбца содержится много нулей, снабжайте единицу величины в заголовке таблицы десятичным множителем (см. табл. 9 и 12) так, чтобы записываемые числа были заключены примерно в интервале от 0,1 до 100. Тогда сокращается время записи (и вероятность ошибки при записи многозначного числа); таблица выглядит компактной и легко читаемой.

Таблица 12

Зависимость напряжения на полюсах источника от силы тока

| | | | | | | |
|----------------|------|------|-----|------|------|-----|
| $I, 10^{-3} А$ | 0 | 20 | 40 | 50 | 60 | 80 |
| $U, В$ | 1,50 | 1,45 | 1,0 | 1,50 | 1,25 | 1,0 |

- ♦ Если все показатели, приведённые в графах, выражены в одной и той же единице, то наименование единицы величины, значения которой сведены в таблицу, необходимо поместить в названии таблицы справа от него (прил. 10).

Внесение в таблицу порядковых номеров измерений стандартом не предусмотрено. Нумерация граф таблицы допускается в случаях: а) когда в тексте имеются ссылки на них; б) при делении таблицы на части; в) при переносе таблицы на следующую страницу.

5.3.3. Правила построения диаграмм

Изображение функциональной зависимости двух переменных называют диаграммой. Понятие диаграммы более общее, чем

график²⁴. График представляет собой геометрическое отображение функциональной зависимости (ряд точек или линия) на линейной диаграмме. На одной диаграмме можно построить несколько графиков.

Диаграмма в отличие от таблицы даёт возможность более наглядно представить исследуемую зависимость физических величин, позволяет легче увидеть соответствие экспериментальных данных той или иной гипотезе или теоретической модели, отметить наличие особенностей: периодичности, точек перегиба, экстремума и т. п.

При выполнении диаграмм мы рекомендуем придерживаться следующих правил, которые не противоречат требованиям Госстандарта²⁵.

- ◆ По горизонтальной оси откладывают независимую переменную X (аргумент) или t , значения которой задаёт сам экспериментатор, а по вертикальной — зависимую переменную Y (функцию).
- ◆ Размер графического интервала (расстояния между делительными штрихами и (или) линиями координатной сетки) выбирают с учётом удобства пользования диаграммой. Представленная на диаграмме информация легко считывается, если выбран простой масштаб, т. е. когда одна клетка соответствует “круглому” числу единиц величины, отсчитываемой вдоль данной оси, например: 0,1; 0,5; 1; 2; 5; 10; 50; 100.
- ◆ Масштаб по обеим осям выбирают так, чтобы: а) экспериментальные точки располагались на всём поле диаграммы, а не были сосредоточены в каком-нибудь углу; б) минимальное деление шкалы диаграммы (сетки диаграммной бумаги) соответствовало погрешности измеренной величины, т. е. цена деления не должна быть больше значения погрешности).
- ◆ Частоту нанесения делительных штрихов с числовыми значениями выбирают с учётом удобства пользования диаграммой. Соответствующие значения величин указывают рядом с делениями шкалы. Оцифровка делений шкалы должна быть равномерной (через равное число делений) и охватывать весь интервал экспериментальных данных. Однако числа, указываемые у осей диаграммы, не повторяют табличные значения, а выбираются из ряда 0, 1, 2, 3, или 0, 5, 10, 15, или 4, 8, 12 и т. п., т. е. “круглые” значения. В особенности это касается оси ординат, где часто значения, получаемые из эксперимента, идут неравномерно и даже

24 В математике график определяется как кривая на плоскости, изображающая зависимость функции от аргумента.

25 РД 50-77-88. ЕСКД. Правила выполнения диаграмм. – М.: Изд-во стандартов, 1989. –10 с.

после округления являются дробными, например, вместо значений 2,25; 4,05; 7,35 и т. п. надо указывать у шкал диаграммы числа 2, 4, 6, 8 или 4, 8 и т. д.

♦ Если числовые значения в силу особенностей проведения эксперимента оказываются в узком интервале, далёком от нуля, то в начале соответствующей шкалы, где обычно ставится нуль, помещают либо начальное, либо значение, близкое к границе интервала (немного меньше или больше). При этом диапазон экспериментальных значений растягивают на всю шкалу.

♦ Экспериментальные точки наносят хорошо заметными знаками: кружками, треугольниками, крестиками, звездочками и т. п. При изображении на одной диаграмме нескольких графиков обозначения точек расшифровывают в пояснительной части диаграммы.

♦ Координатные оси заканчивают стрелками, показывающими направление возрастания величин. При наличии координатной сетки и числовых значений у шкал стрелки необязательны.

♦ Числа у шкал размещают **вне поля** диаграммы и располагают горизонтально. Допускается наносить числа внутри диаграммы, когда исследуемая величина принимает как положительные, так и отрицательные значения.

♦ На диаграмме со шкалами обозначения величин рекомендуется размещать у середины шкалы с её внешней стороны, при объединении символа величины с обозначением единицы по оси ординат – в виде дроби, например, $\frac{I}{10^{-6} A}$ – в конце последнего числа (см. рис. 8). Символы и математические выражения располагаются горизонтально.

♦ Единицы показателей, наносимых на диаграмме, располагают одним из следующих способов: а) в конце шкалы между последним и предпоследним числом; б) при недостатке места единицу величины проставляют на месте предпоследнего числа; в) вместе с наименованием переменной величины после запятой, например, «Время движения, с» (рис. 37, а, б); г) в конце шкалы после последнего числа вместе с обозначением (символом) переменной величины в виде дроби: в числителе – обозначение величины, а в знаменателе – обозначение единицы.

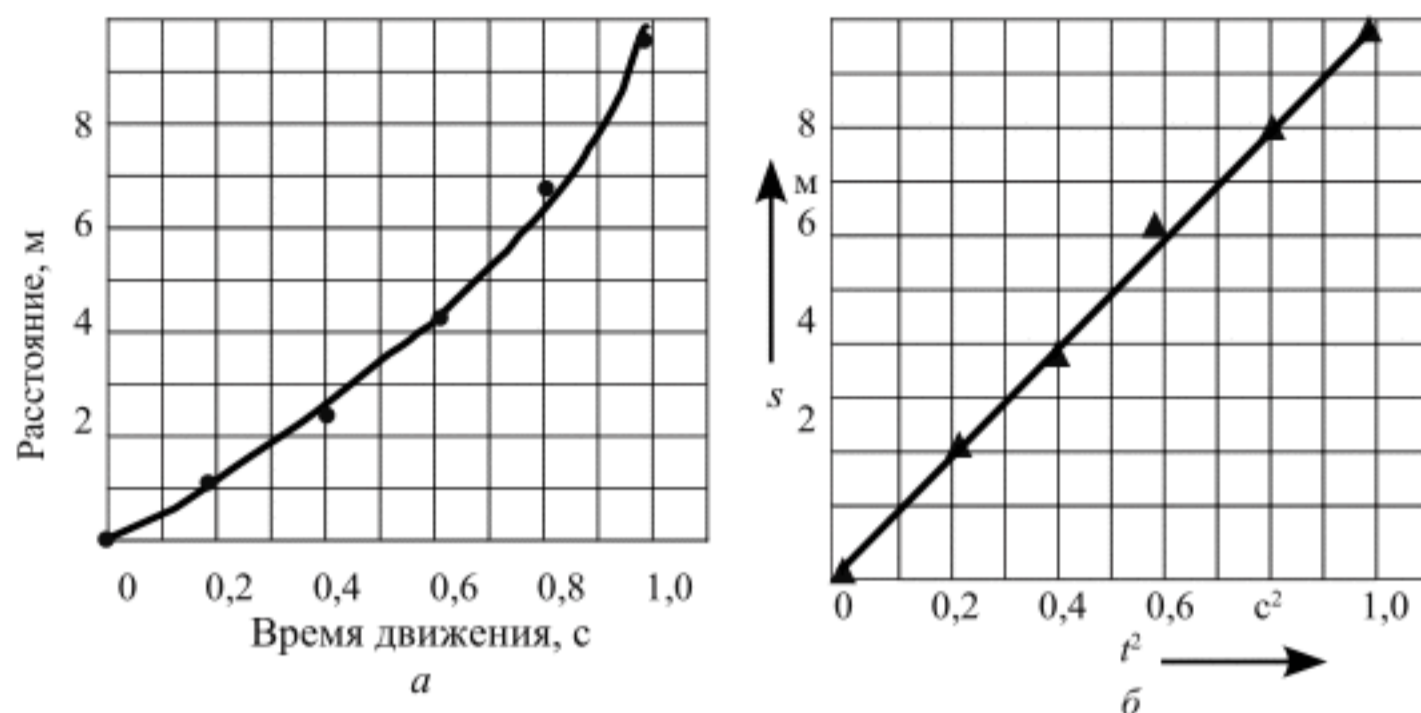


Рис. 37

- ◆ Наименования переменных величин (или их обозначения), если они уже не нанесены одним из перечисленных способов, на диаграммах со шкалами размещают у середины шкалы с её внешней стороны и сопровождают стрелкой, направленной в сторону возрастания значений величины (см. рис. 37, б).
- ◆ При построении диаграммы для более чёткого отображения исследуемой зависимости следует выбрать подходящий *функциональный* масштаб по одной или обеим осям, когда вместо самих измеренных величин по осям откладываются их функции, подобранные в соответствии с проверяемой гипотезой. На диаграмме в координатах $s - t$ зависимость изображается параболой (см. рис. 37, а). Для подтверждения закона движения $s = bt^2$, где $b = \text{const}$, строят диаграмму в координатах $s - t^2$ (см. рис. 37, б).
- ◆ Длину шкал выбирают из условия максимального использования выбранного формата бумаги. Шкалы по оси абсцисс и по оси ординат могут быть разной длины.
- ◆ Линию графика проводят плавно (без изломов и перегибов) так, чтобы она проходила в пределах доверительных интервалов $\pm \Delta x$ и $\pm \Delta y$, близко к нанесённым точкам. Кривую можно проводить как от руки, так и с помощью лекал или тонкой линейки, поставленной на ребро. Допускается не проводить никакой линии графика, когда имеется много экспериментальных точек и их частое расположение достаточно отчётливо показывает особенности изменения функции.
- ◆ Особенность изменения функции (излом, экстремум, перегиб) на графике показывают в случаях, когда: а) в границах доверительных

интервалов не удаётся сгладить линию графика; б) её наличие предсказывает теория. Если в экспериментальном исследовании предполагается проверить наличие максимума, например при изучении резонансных явлений, то вблизи экстремума шаг изменения аргумента рекомендуется уменьшить, и тогда большое число точек более наглядно покажет справедливость предположения.

Построение диаграмм можно автоматизировать, используя известные компьютерные программы.

5.4. Презентация учебной научной работы

Сила речи состоит в умении выразить многое в немногих словах. **Плутарх**²⁶

Если по результатам исследования намечается сделать доклад перед студентами своей группы или на научной конференции, следует написать тезисы. В тексте объёмом 1 – 2 страницы должны быть отражены: тема, постановка задачи, методы исследования, результаты и их интерпретация, выводы на основе анализа результатов.

Для устного сообщения по результатам СРС обычно выделяется около 10 мин. Учитывая ограничения по времени, следует заранее выполнить рисунки, сложные формулы на доске или бумаге большого формата. Наилучший эффект достигается, когда подготовлена *презентация*²⁷ доклада в электронном виде.

Презентации выполняются с помощью компьютерной программы Impress из пакета Open Office.org²⁸. На десятиминутный доклад следует готовить не более 5 – 7 слайдов. Слайды демонстрируются с помощью компьютерного проектора. На один слайд можно поместить несколько строк текста, или 2 – 3 рисунка с сопроводительным текстом, или один сложный рисунок, или таблицу с количеством столбцов и строк не более пяти. Для каждого слайда можно задать звуковые и анимационные эффекты: всплывание очередного слайда, схлопывание или постепенное затенение слайда перед исчезновением и т. д.

В заключение – несколько полезных советов начинающим докладчикам.

- ◆ Начните с поражающих воображение фактов, покажите остроту проблемы.

26 Плутарх (384 – 322 до н.э.) – древнегреческий писатель, историк, философ.

27 Презентация – электронное слайд-шоу, сопровождающее устное публичное выступление.

28 В пакете офисных программ MS Office для подготовки презентаций служит программа Power Point.

- ◆ Не читайте с листа – рассказывайте, обращаясь к слушателям. Покажите ваше отношение к предмету обсуждения.
- ◆ Придерживайтесь регламента. Закончив на минуту раньше, вы заслужите благодарность слушателей.
- ◆ Не рассчитывайте выдать всю подготовленную информацию. Если вы заинтриговали аудиторию, недосказанное послужит в качестве заготовки при ответах на вопросы.
- ◆ Заканчивая, обращайтесь к началу.

Библиографический список

1. *Акоста, В.* Основы современной физики / В. Акоста, К. Кован, Б. Грэм. — М. : Просвещение, 1981.
2. *Волькенштейн, В. С.* Сборник задач по общему курсу физики : учеб. пособие / В. С. Волькенштейн. — 12-е изд. — М. : Наука, 1990.
3. *Горлач, В. В.* Обработка, представление, интерпретация результатов измерений : учеб. пособие / В. В. Горлач, В. Л. Егоров, Н. А. Иванов ; под ред. В. В. Горлача. — Омск : Изд-во СибАДИ, 2006.
4. *Демков, В. П.* Физика. Теория. Методика. Задачи / В. П. Демков, О. Н. Третьякова. — М. : Высшая школа, 2001.
5. *Ивлиев, А. Д.* Физика : учеб. пособие / А. Д. Ивлиев. — СПб. : Лань, 2008.
6. *Иродов, И. Е.* Сборник задач по общей физике / И. Е. Иродов. — СПб. : Лань, 2007.
7. *Калашников, Н. П.* Основы физики: в 2 т. Т. 1. Механика, электромагнетизм, колебания и волны. Т. 2. Волновая оптика, квантовая физика, статистическая физика и термодинамика : учебник для студентов техн. спец. вузов / Н. П. Калашников, М. А. Смондырев. — 2-е изд., перераб.— М. : Дрофа, 2004.
8. *Новиков, С. М.* Сборник заданий по общей физике : учеб. пособие для студентов вузов / С. М. Новиков. — М. : ОНИКС 21 век: Мир и образование, 2007.
9. *Трофимова, Т. И.* Курс физики : учебное пособие для студентов вузов / Т. И. Трофимова. — М. : Академия, 2015.
10. *Трофимова, Т. И.* Руководство к решению задач по физике : учеб. пособие для бакалавров / Т. И. Трофимова. — 3-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016.
11. *Трофимова, Т. И.* Курс физики. Задачи и решения : учеб. пособие для студентов вузов / Т. И. Трофимова, А. А. Фирсов. — М. : Академия, 2004.
12. *Чертов, А. Г.* Задачник по физике / А. Г. Чертов, А. А. Воробьев. — М. : Наука, 2007.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

1. Правила приближённых вычислений

1.1. Значащие цифры

Существует простой способ выражения точности, с которой задано значение какой-либо величины, выраженное приближённым числом. Приближённое число записывается с таким числом *значащих* цифр, которое гарантирует достоверность всех цифр числа, кроме последней.

Цифры называют *значащими*, если представленный ими результат измерения или вычисления имеет абсолютную погрешность не более половины единицы младшего разряда.

Примеры:

а) число 4,3 содержит две значащие цифры. Оно могло быть получено в результате округления чисел от 4,25 до 4,34;

б) запись числа 4,30 (три значащих цифры) означает, что действительное значение может находиться в пределах от 4,295 до 4,304;

в) табличное значение плотности воды $\rho = 1,0 \text{ г/см}^3$. После перевода единицы плотности г/см^3 в СИ следует записать $\rho = 1,0 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Выражение этого значения плотности в виде $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ в данном случае некорректно, так как табличное значение содержит только две значащие цифры.

Значащими считаются все цифры числа, начиная от первой слева, не равной нулю, до последней цифры справа (включая и нули). При этом нули, следующие из множителя 10^n , – не значащие. Если нуль стоит в десятичной дроби слева, то он значащей цифрой не считается. Так, числа $-0,008$, $8 \cdot 10^{-3}$ и $8 \cdot 10^3$ – имеют всего по одной значащей цифре.

Примеры:

1) числа 0,0384 и $3,84 \cdot 10^{-2}$ имеют по три значащих цифры, их точность одинакова;

2) по четыре значащих цифры имеют числа 3840 и $3,840 \cdot 10^3$;

3) из двух чисел, представляющих значения длины: 1,00 м и 100,0 см, – второе точнее.

В практике работы инженера часто ставится задача *оценить* значение некоторой величины. *Оценить* — это значит *определить приближённое значение искомой величины с точностью не более одной значащей цифры*. Например, оценка средней длины свободного пробега молекул воздуха при нормальных условиях даёт значение $3 \cdot 10^{-7}$ м. При оценке считается достоверным только показатель степени десяти.

Окончательный результат приближённых вычислений не может содержать больше значащих цифр, чем наименее точное из исходных данных. Математическая обработка экспериментальных данных сама по себе не даёт повышения точности результата измерения. В то же время, чтобы не потерять точность, в промежуточных результатах вычислений следует оставлять одну-две лишние, “запасные” цифры.

1.2. Правила округления

Округление числа до n значащих цифр состоит в отбрасывании всех его цифр, стоящих после n -го разряда, с возможным изменением цифры этого разряда. Результаты вычислений округляются в соответствии со стандартом²⁹ по следующим правилам.

- ◆ Если за последней (слева направо) сохраняемой цифрой следует цифра 0, 1, 2, 3 или 4, то при округлении оставшиеся цифры не изменяются.
- ◆ Если за последней сохраняемой цифрой следует цифра 9, 8, 7, 6 или 5, то последняя сохраняемая цифра увеличивается на единицу.
- ◆ Округление до желаемого числа значащих цифр выполняют сразу, а не поэтапно.

Примеры: $0,54448 = 0,54$; $0,5453 = 0,55$; $0,452 = 0,5$.

В последних двух примерах после округления до двух значащих цифр последняя сохраняемая цифра увеличена на единицу, т. к. первая отбрасываемая цифра равна 5 или больше 5.

В следующих примерах округления целой части числа до двух значащих цифр отбрасываемые цифры заменены степенями 10 (а не нулями), чтобы избежать недоразумений в определении количества значащих цифр:

$$2148 = 2,1 \cdot 10^3; \quad 217,02 = 2,2 \cdot 10^2; \quad 225 = 0,23 \cdot 10^3.$$

1.3. Действия с приближёнными числами

- ◆ При сложении и вычитании приближённых чисел окончательный результат после округления не должен иметь значащих цифр в тех разрядах, которые отсутствуют хотя бы в одном из чисел, составляющих эту сумму или разность.

Примеры: $14,45 + 6,50218 = 20,95$. $25,900 - 12 = 14$.

- ◆ Когда вычитаются числа с близкими значениями, происходит потеря точности.

Пример. $14,4546 - 14,4543 = 0,0003 = 3 \cdot 10^{-4}$. (До вычитания было по шесть значащих цифр в каждом числе, а в результате вычитания осталась всего одна.)

- ◆ При умножении и делении число значащих цифр произведения и частного должно быть равно числу значащих цифр исходного числа с наименьшим их числом.

Примеры: $144546 \cdot 0,24 = 35 \cdot 10^3$. $\frac{242696}{145} = 2,13 \cdot 10^3$.

- ◆ При возведении в степень и извлечении корня любой степени результат должен иметь столько значащих цифр, сколько их в основании или в числе под корнем. *Примеры:* $14,56^2 = 2120$ и $\sqrt{45} = 6,7$.

- ◆ При логарифмировании число значащих цифр в мантиссе результата должно быть равно числу значащих цифр логарифмируемого числа.

Примеры: $F = 0,04786$; $\lg F = -1,3200$.

$G = 25,04$; $\ln G = 3,220$.

²⁹ СТ СЭВ 543-77. Числа. Правила записи и округления.

♦ Если некоторые приближённые числа содержат больше десятичных знаков, чем другие (при сложении и вычитании), или больше значащих цифр (при умножении, делении, возведении в степень, извлечении корня), то их предварительно округляют, сохраняя только одну лишнюю цифру. Затем проводят вычисления и округляют результат.

Пример. $4,31 \cdot 0,12 \cdot 2,358 = 4,31 \cdot 0,12 \cdot 2,36 = 1,2$.

Когда в расчётной формуле присутствует малый параметр, тогда есть возможность существенно сократить время вычислений, используя следующие приближённые соотношения.

При условии $x \ll 1$:

$$(1 \pm x)^n \approx 1 \pm nx;$$

$$e^x \approx 1 + x;$$

$$\ln(1+x) \approx x.$$

При условии $\alpha < 0,1$ рад т.е. $\alpha < 5^\circ$:

$$\cos \alpha \approx 1.$$

При условии $\alpha < 0,2$ рад т.е. $\alpha < 10^\circ$:

$$\sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha \approx \alpha, \text{ где } \alpha - \text{угол, рад.}$$

Приложение 2

Основные интегралы

(с точностью до произвольной постоянной)

$$\int dx = x .$$

$$\int x^n dx = \frac{1}{n+1} x^{n+1} .$$

$$\int x^{-1} dx = \ln(x) .$$

$$\int a^x dx = \frac{1}{\ln(a)} a^x .$$

$$\int e^x dx = e^x .$$

$$\int \sin(x) dx = -\cos(x) .$$

$$\int \cos(x) dx = \sin(x) .$$

$$\int \sin^2(x) dx = \frac{1}{2}x - \frac{1}{4}\sin(2x) .$$

$$\int \cos^2(x) dx = \frac{1}{2}x + \frac{1}{4}\sin(2x) .$$

Производные некоторых функций

| Функция $y(x)$ | Производная $\frac{dy}{dx}$ | Функция $y(x)$ | Производная $\frac{dy}{dx}$ |
|----------------|-----------------------------|------------------------|---|
| x^n | $n \cdot x^{n-1}$ | $\cos x$ | $-\sin x$ |
| e^x | e^x | $\operatorname{tg} x$ | $\frac{1}{\cos^2 x}$ |
| e^{ax} | $a \cdot e^{ax}$ | $\operatorname{ctg} x$ | $-\frac{1}{\sin^2 x}$ |
| a^x | $a^x \cdot \ln a$ | u^n | $n \cdot u^{n-1} \cdot \frac{du}{dx}$ |
| $\ln x$ | $\frac{1}{x}$ | $a \cdot u$ | $a \cdot \frac{du}{dx}$ |
| $\log_{10} x$ | $\frac{1}{x \cdot \ln 10}$ | $u+v$ | $\frac{du}{dx} + \frac{dv}{dx}$ |
| $\sin x$ | $\cos x$ | $u \cdot v$ | $v \cdot \frac{du}{dx} + u \cdot \frac{dv}{dx}$ |
| $\sin ax$ | $a \cdot \cos ax$ | $\frac{u}{v}$ | $\frac{v \cdot \frac{du}{dx} - u \cdot \frac{dv}{dx}}{v^2}$ |

Дифференцирование сложной функции

$$\frac{d f(u)}{dx} = \frac{d f(u)}{du} \cdot \frac{du}{dx} .$$

Пример. Если $y = f(x)$, то производная по времени t равна

$$\frac{d y}{d t} = \frac{d y}{d x} \cdot \frac{d x}{d t} .$$

Международная система единиц (СИ)³⁰

| Наименование величины | Единица | Обозначение | | Выражение через основные единицы СИ |
|---|--------------------------------------|------------------------|------------------------|--|
| | | русское | международное | |
| Время t, τ | секунда | с | s | с |
| Длина l, s | метр | м | m | м |
| Масса m | килограмм | кг | kg | кг |
| Сила тока I | ампер | А | A | А |
| Температура T | кельвин | К | K | К |
| Количество вещ-ва ν | моль | моль | mol | моль |
| Сила света J | кандела | кд | cd | кд |
| Плоский угол φ | радиан ³¹ | рад | rad | $\text{м} \cdot \text{м}^{-1} = 1$ |
| Телесный угол ω | стерадиан | ср | sr | $\text{м}^2 \cdot \text{м}^{-2} = 1$ |
| Скорость | метр на секунду | м/с | m/s | $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ |
| Ускорение | метр на секунду в квадрате | м/с ² | m/s ² | $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$ |
| Частота | герц | Гц | Hz | с^{-1} |
| Угловая скорость | радиан на секунду | рад/с | rad/s | с^{-1} |
| Импульс тела | килограмм-метр на секунду | кг · м/с | kg · m/s | $\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ |
| Сила | ньютон | Н | N | $\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-2}$ |
| Момент инерции | килограмм-метр в квадрате | кг · м ² | kg · m ² | $\text{кг} \cdot \text{м}^2$ |
| Момент силы | ньютон-метр | Н · м | N · m | $\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}$ |
| Момент импульса | килограмм-метр в квадрате на секунду | кг · м ² /с | kg · m ² /s | $\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ |
| Энергия, работа | джоуль | Дж | J | $\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}$ |

30 Единицы СИ даны по ГОСТ 8.417-2002 [6]. Жирным шрифтом выделены сведения об основных единицах. В таблицу не включены редко применяемые производные величины, а также те, с написанием и применением единиц которых обычно не возникает затруднений.

31 В современной метрологии принято считать радиан и стерадиан безразмерными производными единицами, имеющими специальные наименования и обозначения, которые можно использовать по необходимости для других производных величин.

Международная система единиц (СИ)

| Наименование величины | Единица | Обозначение | | Выражение через основные единицы СИ |
|-----------------------------------|--------------------------|-------------------|------------------------|---|
| | | русское | международное | |
| Мощность | ватт | Вт | <i>W</i> | $\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-3}$ |
| Разность потенциалов, ЭДС | вольт | В | <i>V</i> | $\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{А}^{-1} \cdot \text{с}^{-3}$ |
| Напряжённость электрического поля | вольт на метр | В/м | <i>V/m</i> | $\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{А}^{-1} \cdot \text{с}^{-3}$ |
| Плотность электрического тока | ампер на метр в квадрате | А/м ² | <i>A/m²</i> | $\text{А} \cdot \text{м}^{-2}$ |
| Электрическое сопротивление | ом | Ом | <i>Ω</i> | $\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{А}^{-2} \cdot \text{с}^{-3}$ |
| Электрический заряд | кулон | Кл | <i>C</i> | $\text{А} \cdot \text{с}$ |
| Емкость | фарад | Ф | <i>F</i> | $\text{кг}^{-1} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^4 \cdot \text{А}^2$ |
| Магнитный момент | ампер-метр в квадрате | А·м ² | <i>A·m²</i> | $\text{А} \cdot \text{м}^2$ |
| Магнитная индукция | тесла | Тл | <i>T</i> | $\text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-1}$ |
| Магнитный поток | вебер | Вб | <i>Wb</i> | $\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{А}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$ |
| Индуктивность | генри | Гн | <i>H</i> | $\text{м}^{-2} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^2$ |
| Энергетическая светимость | ватт на квадратный метр | Вт/м ² | <i>W/m²</i> | $\text{кг} \cdot \text{с}^{-3}$ |
| Световой поток | люмен | лм | <i>lm</i> | кд |
| Освещённость | люкс | лк | <i>lx</i> | $\text{кд} \cdot \text{м}^{-2}$ |
| Активность радионуклида | беккерель | Бк | <i>Bq</i> | с^{-1} |
| Поглощённая доза | грей | Гр | <i>Gy</i> | $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}$ |
| Мощность поглощённой дозы | грей в секунду | Гр/с | <i>Gy/s</i> | $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-3}$ |
| Эквивалентная доза | зиверт | Зв | <i>Sv</i> | $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}$ |
| Теплоёмкость, энтропия системы | джоуль на кельвин | Дж/К | <i>J/K</i> | $\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$ |
| Молярная теплоёмкость | джоуль на моль-кельвин | Дж/(моль·К) | <i>J/(mol·K)</i> | $\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ |

**Внесистемные единицы, допускаемые к применению в России
наравне с единицами СИ (по ГОСТ 8.417 - 2002)**

| Наименование величины | Единица | | | |
|---|----------------------------|--------------|--------------------|---|
| | Наименование ³² | Обозначение | | Соотношение с единицей СИ |
| | | рус- ское | между- народное | |
| Масса | тонна | т | <i>t</i> | 1000 кг |
| | атомная единица массы | а.е.м. | <i>u</i> | $1,6605 \cdot 10^{-27}$ кг |
| Время | сутки | сут | <i>d</i> | 86400 с |
| | час | час | <i>h</i> | 3600 с |
| | минута ³³ | мин | <i>min</i> | 60 с |
| Площадь | гектар | га | <i>ha</i> | 10 000 м ² |
| Объём, вместимость | литр | л | <i>l</i> | 0,001 м ³ |
| Энергия | киловатт-час | кВт·ч | <i>kW·h</i> | $3,6 \cdot 10^6$ Дж |
| | электрон-вольт | эВ | <i>eV</i> | $1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж |
| Полная мощность | вольт-ампер | В·А | <i>V·A</i> | 1 |
| Электрический заряд | ампер-час | А·ч | <i>A·h</i> | $3,6 \cdot 10^3$ Кл |
| Температура Цельсия | градус Цельсия | ... °C | ... °C | $t = T - T_0$, где $T_0 = 273,15$ К |
| Плоский угол | градус | ...° | ...° | $\frac{\pi}{180}$ рад |
| | минута | ...' | ...' | $\frac{\pi}{10800}$ рад |
| | секунда | ..." | ..." | $\frac{\pi}{648000}$ рад |
| Частота вращения | оборот в секунду | об/с | <i>r/s</i> | 1 с ⁻¹ |
| | оборот в минуту | об/мин | <i>r/min</i> | 1/60 с ⁻¹ |
| Оптическая сила | диоптрия | дптр | — | м ⁻¹ |
| Уровень интенсивности и громкости звука | бел | Б | <i>B</i> | — |
| | фон | фон | <i>phon</i> | — |
| Количество информации (Единица количества информации в СИ отсутствует) | бит | бит | <i>bit</i> | — |
| | 1 байт = 8 бит | Б | <i>B(bite)</i> | — |
| | 1 килобайт = 1024 Б | КБ | <i>KB</i> | — |
| | 1 мегабайт = 1024 КБ | МБ | <i>MB</i> | — |

32 Наименования внесистемных единиц: гектар, диоптрия, атомная единица массы и угловые единицы, не допускается применять с приставками.

33 Допускается применять другие единицы, получившие широкое распространение: неделя, месяц и т.п.

Множители и приставки для образования кратных и дольных единиц

| Множитель | Приставка | Обозначение | | Множитель | Приставка | Обозначение | |
|------------|-----------|-------------|---------------|-----------|-----------|-------------|---------------|
| | | русское | международное | | | русское | международное |
| 10^{-18} | атто | а | <i>a</i> | 10^1 | дека | да | <i>da</i> |
| 10^{-15} | фемто | ф | <i>f</i> | 10^2 | гекто | г | <i>h</i> |
| 10^{-12} | пико | п | <i>p</i> | 10^3 | кило | к | <i>k</i> |
| 10^{-9} | нано | н | <i>n</i> | 10^6 | мега | М | <i>M</i> |
| 10^{-6} | микро | мк | μ | 10^9 | гига | Г | <i>G</i> |
| 10^{-3} | милли | м | <i>m</i> | 10^{12} | тера | Т | <i>T</i> |
| 10^{-2} | санци | с | <i>c</i> | 10^{15} | пета | П | <i>P</i> |
| 10^{-1} | деци | д | <i>d</i> | 10^{18} | экса | Э | <i>E</i> |

Коэффициенты Стьюдента $t_{P,n}$ $(n - \text{число измерений; } P - \text{доверительная вероятность})$

| n | $P = 0,900$ | $P = 0,950$ | $P = 0,990$ | $P = 0,999$ |
|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 3 | 2,920 | 4,303 | 9,925 | 31,60 |
| 4 | 2,353 | 3,182 | 5,841 | 12,94 |
| 5 | 2,132 | 2,766 | 4,604 | 8,610 |
| 6 | 2,015 | 2,571 | 4,032 | 6,859 |
| 7 | 1,943 | 2,447 | 3,707 | 5,959 |
| 8 | 1,895 | 2,365 | 3,499 | 5,405 |
| 9 | 1,860 | 2,306 | 3,355 | 5,041 |
| 10 | 1,833 | 2,262 | 3,250 | 4,781 |
| 11 | 1,812 | 2,228 | 3,169 | 4,587 |
| 12 | 1,796 | 2,201 | 3,106 | 4,437 |
| 15 | 1,751 | 2,145 | 2,977 | 4,140 |
| 20 | 1,729 | 2,093 | 2,861 | 3,883 |
| 30 | 1,699 | 2,045 | 2,756 | 3,659 |
| ∞ | 1,645 | 1,960 | 2,576 | 3,291 |

Примечание. В большинстве случаев результаты измерений представляются с доверительной вероятностью $P = 0,95$.

Физические постоянные (по ГСССД 1-87 и CODATA, 1998)³⁴

| Физическая постоянная | Обозначение | Численное значение |
|-----------------------------------|---------------------------|--|
| Гравитационная постоянная | G | $6,673 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$ |
| Скорость света в вакууме | c | $c = 299\,792\,458 \text{ м/с}$ |
| Постоянная Планка | h $\hbar = h/(2\pi)$ | $6,6260676 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ $1,054571596 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ |
| Электрическая постоянная | ϵ_0 | $8,854187817 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ |
| Магнитная постоянная | μ_0 | $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$ |
| Постоянная Больцмана | k | $1,3806503 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$ |
| Постоянная Авогадро | N_A | $6,02214199 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ |
| Молярная газовая постоянная | R | $8,314472 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$ |
| Постоянная Стефана – Больцмана | σ | $5,670400 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{К}^4)$ |
| Постоянная в законе смещения Вина | b | $2,8977686 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$ |
| Постоянная во втором законе Вина | C | $1,30 \cdot 10^{-5} \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К}^5)$ |
| Постоянная Ридберга | R_λ | $R_\lambda = 10973732 \text{ м}^{-1}$ |
| Заряд электрона | e | $-1,602176462 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ |
| Заряд протона | q_p | $+1,602176462 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ |
| Масса электрона | m_e | $9,10938188 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ |
| Масса протона | m_p | $1,67262 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ |
| Масса нейтрона | m_n | $1,67493 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ |
| Масса атома водорода | m_H | $1,67356 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ |
| Атомная единица массы | а. е. м. (u) | $1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ |
| Энергетический эквивалент а.е.м. | $m_u \cdot c^2$ | 931,49 МэВ |

34 Таблицы стандартных справочных данных. Фундаментальные физические константы. ГСССД 1-87. – М.: Изд-во стандартов, 1989.

CODATA — Комитет по численным данным для науки и техники Международного совета научных организаций. Данные приведены в журнале «Успехи физических наук» [11].

Свойства некоторых элементарных частиц и лёгких ядер

| Частица | Символ | Масса m , а.е.м. | Энергия, $E_0 = m c^2$, МэВ | Отношение заряда к массе q/m , МКл/кг |
|-------------------|---------------|-----------------------|---------------------------------|--|
| Электрон | $e = \beta^-$ | 0,00054858 | 0,510 | -175882 |
| Протон | p | 1,00727647 | 938,27 | 95,7883 |
| Нейтрон | n | 1,008665 | 939,6 | 0 |
| Дейтрон | d | 2,01355321 | 1876 | 47,9 |
| Гелион | h | 3,0149 | 2808 | 63,8 |
| α -частица | α | 4,00150617 | 3727 | 48,1 |

Атомные массы некоторых изотопов, а.е.м.

| Элемент | Изотоп | Масса | Элемент | Изотоп | Масса |
|----------|-------------|------------------|-------------|--------|------------|
| Водород | H-1 | 1,007825 | Кислород | O-16 | 15,994915 |
| | H-2 | 2,014162 | | O-17 | 16,999134 |
| | H-3 | 3,016049 | Цинк | Zn -94 | 93,906960 |
| Гелий | He-3 | 3,016030 | Церий | Ce-140 | 139,905280 |
| | He-4 | 4,002603 | | Ce-141 | 140,908013 |
| Литий | Li-6 | 6,015126 | Свинец | Pb-206 | 205,974446 |
| | Li-7 | 7,016005 | | Pb-208 | 207,976644 |
| Бериллий | Be-8 | 8005308 | Полоний | Po-210 | 208,982457 |
| | Be-9 | 9,012186 | Актиний | Ac-222 | 222,017750 |
| Углерод | C-12 | 12,000000 | Протактиний | Pa-226 | 226,027800 |
| | C-14 | 14,003241 | Радий | Ra-226 | 226,025360 |
| Азот | N-14 | 14,003072 | Уран | U-235 | 235,044069 |
| Фосфор | P-30 | 29,978320 | | U-238 | 238,050760 |
| Кальций | Ca-40 | 39,964008 | Радон | Rn-222 | 222,017530 |
| Кремний | Si-30 | 29,976491 | | Rn-219 | 219,009523 |
| Калий | K-40 | 39,962589 | Торий | Th-230 | 230,033080 |
| | K-42 | 41,962417 | | Th-232 | 232,038211 |

Периоды полураспада и вид распада некоторых изотопов³⁵

| <i>Z</i> | <i>Символ элемента</i> | <i>A</i> | <i>Изотоп</i> | <i>Вид распада</i> | <i>Период полураспада</i> |
|----------|------------------------|----------|---------------|--------------------|---------------------------|
| 6 | C | 14 | Углерод-14 | β^- | 5770 лет |
| 11 | Na | 24 | Натрий-24 | β^- | 15,0 ч |
| 15 | P | 30 | Фосфор-30 | β^+ | 2,6 мин |
| 19 | K | 42 | Калий-42 | β^- | 12,4 ч |
| | | 43 | Калий-43 | β^- | 22,4 года |
| 38 | Sr | 90 | Стронций-90 | β^- | 28 лет |
| 53 | I | 131 | Йод-131 | β^- | 8,05 сут |
| 55 | Cs | 137 | Цезий-137 | β^- | 30 сут |
| 81 | Tl | 210 | Таллий-210 | β^- | 1,3 мин |
| 82 | Pb | 210 | Свинец-210 | β^- | 21 год |
| | | 214 | Свинец-214 | β^- | 26,8 мин |
| 83 | Bi | 214 | Висмут-214 | β^- | 19,7 мин |
| | | 214 | Висмут-214 | α | 1,32 мин |
| 84 | Po | 214 | Полоний-214 | α | 164 мс |
| | | 210 | Полоний-210 | β^- | 21 год |
| | | 218 | Полоний-218 | α | 3,05 мин |
| 86 | Rn | 222 | Радон-222 | α | 3,823 сут |
| 88 | Ra | 226 | Радий-226 | α | 1620 лет |
| 90 | Th | 230 | Торий-230 | α | 80 лет |
| | | 234 | Торий-234 | β^- | 24,10 сут |
| 92 | U | 234 | Уран-234 | α | $2,48 \cdot 10^5$ лет |
| | | 238 | Уран-238 | α | $4,51 \cdot 10^9$ лет |

³⁵ Большинство приведённых в таблице данных заимствовано из книги В. Акоста «Основы современной физики».

Периодическая система элементов Д.И.Менделеева

| Пе- риод | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII |
|-------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|
| 1 | $1\text{H}^{1,008}$ | | | | | | (H) | 2He^4 |
| 2 | $3\text{Li}^{6,941}$ | $4\text{Be}^{9,012}$ | $5\text{B}^{10,811}$ | $6\text{C}^{12,011}$ | $7\text{N}^{14,00}$ | $8\text{O}^{15,999}$ | $9\text{F}^{18,998}$ | 10Ne^{20} |
| 3 | $11\text{Na}^{22,99}$ | $12\text{Mg}^{24,3}$ | $13\text{Al}^{26,981}$ | $14\text{Si}^{28,1}$ | $15\text{P}^{30,97}$ | $16\text{S}^{32,1}$ | $17\text{Cl}^{35,5}$ | 18Ar^{40} |
| 4 | $19\text{K}^{39,098}$ | $20\text{Ca}^{40,08}$ | $21\text{Sc}^{44,96}$ | $22\text{Ti}^{47,9}$ | $23\text{V}^{50,9}$ | 24Cr^{52} | $25\text{Mn}^{54,9}$ | $26\text{Fe}^{55,8}$ |
| | $29\text{Cu}^{63,55}$ | $30\text{Zn}^{65,38}$ | $31\text{Ga}^{69,72}$ | $32\text{Ge}^{72,6}$ | $33\text{As}^{74,92}$ | $34\text{Se}^{78,96}$ | $35\text{Br}^{79,90}$ | $27\text{Co}^{58,9}$ |
| 5 | $37\text{Rb}^{85,47}$ | $38\text{Sr}^{87,62}$ | $39\text{Y}^{88,91}$ | $40\text{Zr}^{91,22}$ | $41\text{Nb}^{92,91}$ | $42\text{Mo}^{95,9}$ | $43\text{Tc}^{98,9}$ | 44Ru^{101} |
| | $47\text{Ag}^{107,9}$ | $48\text{Cd}^{112,41}$ | $49\text{In}^{114,82}$ | $50\text{Sn}^{118,69}$ | $51\text{Sb}^{121,8}$ | $52\text{Te}^{127,60}$ | $53\text{I}^{126,9}$ | 45Rh^{103} |
| 6 | $55\text{Cs}^{132,9}$ | $56\text{Ba}^{137,3}$ | $57\text{La}^{138,9}$ | $72\text{Hf}^{178,5}$ | $73\text{Ta}^{180,8}$ | $74\text{W}^{183,85}$ | 75Re^{186} | 76Os^{190} |
| | $79\text{Au}^{197,0}$ | $80\text{Hg}^{200,6}$ | $81\text{Tl}^{204,31}$ | $82\text{Pb}^{207,2}$ | $83\text{Bi}^{208,980}$ | 84Po^{209} | 85At^{210} | 77Ir^{192} |
| 7 | 87Fr^{223} | 88Ra^{226} | 89Ac^{227**} | 104Rf^{261} | 105Ns^{261} | 106Sg^{263} | 107Bh^{262} | 108Hs^{265} |
| | | | | | | | | 109Mt^{266} |
| | | | | | | | | 110Dm^{271} |
| 6* | 58Ce^{140} | 59Pr^{141} | 60Nd^{144} | 61Pm^{145} | 62Sm^{150} | 63Eu^{152} | 64Gd^{157} | 65Tb^{159} |
| 7** | 90Th^{232} | 91Pa^{231} | 92U^{238} | 93Np^{237} | 94Pu^{244} | 95Am^{243} | 96Cm^{247} | 97Bk^{247} |
| | | | | | | | | 98Cf^{251} |
| | | | | | | | | 99Es^{254} |
| | | | | | | | | 100Fm^{257} |
| | | | | | | | | 101Md^{258} |
| | | | | | | | | 102No^{256} |
| | | | | | | | | 103Lr^{257} |
| | | | | | | | | 66Dy^{163} |
| | | | | | | | | 67Ho^{164} |
| | | | | | | | | 68Er^{167} |
| | | | | | | | | 69Tm^{169} |
| | | | | | | | | 70Yb^{173} |
| | | | | | | | | 71Lu^{175} |

* ЛАНТАНОИДЫ; ** АКТИНОИДЫ.

Новые издания по дисциплине «Физика» и смежным дисциплинам

1. *Айзензон, А. Е.* Физика : учебник и практикум для прикладного бакалавриата / А. Е. Айзензон. — М. : Издательство Юрайт, 2016.

2. *Кравченко, Н. Ю.* Физика : учебник и практикум для прикладного бакалавриата / Н. Ю. Кравченко. — М. : Издательство Юрайт, 2016.

3. *Никеров, В. А.* Физика : учебник и практикум для академического бакалавриата / В. А. Никеров. — М. : Издательство Юрайт, 2015.

4. *Родионов, В. Н.* Физика : учеб. пособие для академического бакалавриата / В. Н. Родионов. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016.

5. Физика : учебник и практикум для прикладного бакалавриата / под ред. В. А. Ильина. — М. : Издательство Юрайт, 2016.

6. Физика. Словарь-справочник в 2 ч. : справочник для вузов / Е. С. Платунов, В. А. Самолетов, С. Е. Буравой, С. С. Прошкин. — 2-е изд., стер. — М. : Издательство Юрайт, 2016.

Наши книги можно приобрести:

Учебным заведениям и библиотекам:
в отделе по работе с вузами
тел.: (495) 744-00-12, e-mail: vuz@urait.ru

Частным лицам:
список магазинов смотрите на сайте urait.ru
в разделе «Частным лицам»

Магазинам и корпоративным клиентам:
в отделе продаж
тел.: (495) 744-00-12, e-mail: sales@urait.ru

Отзывы об издании присылайте в редакцию
e-mail: red@urait.ru

Новые издания и дополнительные материалы доступны
в электронной библиотечной системе «Юрайт»
biblio-online.ru

Учебное издание

**Горлач Виктор Васильевич,
Иванов Николай Александрович,
Пластинина Марина Васильевна**

ФИЗИКА. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТА

Учебное пособие для СПО

Формат 60×90^{1/16}.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 10,50.

ООО «Издательство Юрайт»
111123, г. Москва, ул. Плеханова, д. 4а.
Тел.: (495) 744-00-12. E-mail: izdat@urait.ru, www.urait.ru