

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Смоленский государственный университет»

Кафедра физики и технических дисциплин

«Утверждаю»
Проректор по учебно-
методической работе
Устименко Ю. А.
«08 » сентября 2019 г.

**Рабочая программа дисциплины
Б1.О.25 Общая и экспериментальная физика**

Направление подготовки: **44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)**

Направленность (профиль): **Физика, Информатика**

Форма обучения: очная

Курс – 1, 2, 3,

Семестр – 2, 3, 4, 5, 6

Всего зачетных единиц –20, часов – 720

Форма отчетности: зачет – 2 семестр, экзамен– 3, 4, 5, 6, семестры

Программу разработал

кандидат физико-математических наук, доцент Солодченкова Т. Б.

Одобрена на заседании кафедры

«01» сентября 2019 г., протокол № 1

Заведующий кафедрой Дюндин А. В.

Смоленск
2019

1. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Физика» относится к «Обязательной части» Блока 1 «Дисциплины (модули)» данного направления подготовки. Она изучается во 2-6 семестрах и является основой для изучения дисциплин «Избранные вопросы курса физики», «Основы теоретической физики», «Электрорадиотехника», «Физика атома и атомного ядра», «Астрономия», «Практикум по решению физических задач», «Практикум по решению задач на ЭВМ», «Олимпиадные задачи по физике», «Задачи ЕГЭ по физике повышенной сложности», «Компьютерная физика», «Теория и методика обучения физике», «Ознакомительная практика (Физический эксперимент)», «Ознакомительная практика (Демонстрационный эксперимент)», «Педагогическая практика (в качестве учителя)». Для успешного освоения данной дисциплины необходимы компетенции студентов, сформированные при изучении школьных курсов физики и математики, а также дисциплины «Математический анализ».

Изучение курса основано на традиционных методах высшей школы, тесной взаимосвязи с указанными дисциплинами, а также на использовании современной учебной, методической литературы, информационных и образовательных технологий.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индикаторы достижения
ОПК-8 Способен осуществлять педагогическую деятельность на основе специальных научных знаний	Знать: объект, предмет, основные категории, принципы, закономерности, структуру педагогической науки; сущность, структуру, динамику целостного педагогического процесса; состояние и тенденции развития отечественных и международных педагогических и психологических исследований; методологию педагогического исследования; особенности, логику, закономерности, формы, методы и средства процесса обучения и воспитания; основы психологии личности, основные теоретические подходы к пониманию феномена личности; познавательные процессы, их свойства, закономерности и роль в интеллектуальной и творческой деятельности; общетеоретические основы методики преподавания предмета в объеме, необходимом для осуществления педагогической деятельности; строение и функции организма, основные закономерности развития человека; общие закономерности и возрастные особенности функционирования основных систем организма учащихся; гигиенические требования к организации образовательного процесса и гигиену учебного процесса; инструментальные средства информационных технологий. Уметь: применять теоретические знания в решении педагогических задач; планировать, проектировать и осуществлять педагогический процесс в различных типах образовательных учреждений; определять структуру и методологию проведения педагогического исследования; адекватно целям выстраивать учебный и воспитательный процесс, выбирая соответствующие формы, методы и средства его осуществления; использовать в педагогической деятельности и межличностном взаимодействии современные достижения психологической науки; учитывать возрастные физиологические особенности учащихся в педагогическом процессе; использовать информационные технологии для решения профессиональных задач. Владеть: категориальным аппаратом педагогической науки; навыками решения педагогических задач; способами планирования и осуществления образовательного процесса; способами проведения

	<p>педагогического эксперимента; формами и методами осуществления учебной и воспитательной работы; приемами и методами психодиагностики личности, изучения особенностей профессиональной деятельности; навыками организации педагогической деятельности с позиций сохранения здоровья; методами профилактики нарушений физического развития и повышения адаптационных резервов организма; методами оказания первой доврачебной помощи; методами применения информационно-коммуникационных технологий в образовательном процессе.</p>
<p>ПК-5 Способен использовать научные знания в предметной области (физика) в процессе формирования предметной компетенции обучающихся в рамках реализации основной общеобразовательной программы</p>	<p>Знать: современное состояние и перспективы развития физики как учебной дисциплины, направления развития школьного физического образования, теоретические основы обучения физике, принципы построения методической системы обучения физике, основные линии школьного курса физики, их структуру, содержание и роль, этапы формирования физических понятий, методические подходы к изучению основных тем школьного курса физики;</p> <p>Уметь: анализировать и интерпретировать содержание физических понятий, теорем, задач, разрабатывать фрагменты уроков, организовывать образовательный процесс обучения физике, конструировать методику введения понятий, изучения теорем, решения задач;</p> <p>Владеть: основными приемами организации деятельности школьников по изучению физики, навыками разработки методики изучения частных вопросов обучения физики, исследовательскими методами в профессиональной деятельности.</p>

3. Содержание дисциплины

Во втором семестре начинается изучение физики с раздела «механика», посвящённого механическому движению тел и сред. Рассматривается кинематика и динамика для моделей «материальная» и «твёрдое тело» в случаях их поступательного и вращательного движений относительно инерциальной системы отсчёта. Затем изучается тема о законах сохранения импульса, момента импульса и механической энергии тела. Далее описываются особенности движение тел относительно неинерциальных систем отсчёта. Важной темой является понятие поля как форма материи, изучение движение тела в поле тяготения и основ полётов в космическом пространстве. Разновидностью механического движения служат механические колебания и упругие волн, широко распространённые в природе и технике. Завершается изучение механики темой кинематики и динамики жидкостей и газов, основ движения тел в вязкой среде. Изучение механики в целом сопровождается применением векторной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления.

В третьем семестре изучение физики посвящено тепловому движению. Вводится представление о методах его изучения – молекулярно-кинетической теории и термодинамике. В теме МКТ для описания особенностей движения частиц вещества вводится понятие микропараметров, с их помощью изучаются основные утверждений МКТ, теорема о распределении кинетической энергии и статистические распределения молекул в модели идеального газа. В теме ТД для описания тепловых свойств вещества вводится понятие макропараметров, с их помощью изучаются постулаты ТД для модели идеального газа с использованием дифференциального и интегрального исчислений. В теме явлений переноса изучаются явления при нарушении термодинамического состояния на примере идеального газа. Тепловые свойства реальных газов, жидкостей и твёрдых тел рассматриваются в теме агрегатные состояния вещества, а их превращения друг в друга – в теме фазовых переходов.

В четвёртом семестре изучается раздел электромагнитных явлений. В теме электростатика рассматриваются условия существования электростатического поля в вакууме, его характеристики и теоремы, свойства при наличии в нём диэлектриков и проводников, а также энергия. Далее изучается тема постоянного электрического тока в разных средах. Аналогично изучается магнитное поле сначала в вакууме, затем в магнетиках. Затем изучается тема электромагнитной индукции и выясняется относительный характер ЭП иМП, вводится система уравнений Максвелла для единого ЭМП. Завершается раздел изучением квазистационарных электрических явлений, электромагнитных колебаний и электромагнитных волн.

Пятый семестр посвящён разделу оптика. Сначала изучаются темы волновой оптики – интерференция и дифракция на основе классических схем их наблюдения, поляризация, дисперсия, поглощение и рассеяние света. Далее рассматриваются свойства света на основе геометрической теории, а также элементы фотометрии. При этом в каждой теме рассматриваются характерные оптические приборы. Завершающей темой является квантовая оптика и выяснение современных представлений о корпускулярно-волновом дуализме света.

В шестом семестре изучается несколько разделов. Сначала – основы квантовой физики. На примере электронов изучается тема волновых свойствах микрочастиц, вводится представление о волновой функции. Далее изучается структура и свойства атомов, недостатки теории Бора и операторный метод квантовой физики. Затем изучается квантово-механическое описание многоэлектронных атомов, вводится представление о квантовых числах, объясняется периодическая таблица элементов. В следующем разделе рассматриваются свойства атомного ядра, обменный характер ядерных сил, явления радиоактивности и ядерные реакции. Далее следует физика элементарных частиц, их классификация на основе фундаментальных взаимодействиях, вводится представление о структурной организации вещества Вселенной. В следующем разделе рассматриваются электрические свойства и классификация твёрдых тел на основе квантовой теории об энергетических зонах. Завершающий раздел посвящён краткому обзору достижений и проблем современной физики, роли отечественных учёных.

4. Тематический план
2 семестр

№ п/п	Разделы и темы	Всего часов	Формы занятий				
			лекции	семинары	практические занятия	лабораторные занятия	самостоятельная работа
1.	Введение. <i>Механика.</i> Кинематика	12	4	0	4	2	2
2.	Динамика	20	4	0	2	6	8
3.	Работа, мощность, энергия	3	1	0	2	0	0
4.	Законы сохранения	7	1	0	2	2	2
5.	Неинерциальные системы отсчета	4	0	0	2	0	2
6.	Элементы СТО	2	0	0	0	0	2
7.	Механические колебания и волны	16	4	0	2	4	6
8.	Механика жидкостей и газов	8	2	0	2	2	2
Итого		72	16	0	16	16	24

3 семестр

№ п/п	Разделы и темы	Всего часов	Формы занятий				
			лекции	семинары	практические занятия	лабораторные занятия	самостоятельная работа
1.	<i>Молекулярная физика и термодинамика</i> Введение. Основы молекулярно-кинетической теории	34	8	0	8	6	12
2.	Основы термодинамики	42	8	0	14	8	12
3.	Агрегатные состояния вещества	31	8	0	6	6	11
4.	Фазовые переходы	22	4	0	2	6	10
5.	Явления переноса	24	4	0	2	6	12
	Экзамен	27					27
Всего за 3 семестр		180	32	0	32	32	57+27

4 семестр

№ п/п	Разделы и темы	Всего часов	Формы занятий				
			лекции	семинары	практические занятия	лабораторные занятия	самостоятельная работа
1.	<i>Электромагнетизм</i> Введение. Электростатическое поле в вакууме	12	4	0	6	0	2
2.	Электростатическое поле в веществе	10	4	0	4	0	2
3.	Постоянный электрический ток	44	6	0	6	20	12
4.	Магнитное поле в вакууме	14	4	0	4	4	2
5.	Магнитное поле в веществе	12	4	0	2	4	2
6.	Электромагнитная индукция	8	4	0	4	0	0
7.	Электромагнитные колебания и волны	17	6	0	6	4	1
	Экзамен	27					27
Всего за 4 семестр		144	32	0	32	32	21+27

5 семестр

№ п/п	Разделы и темы	Всего часов	Формы занятий				
			лекции	семинары	практические занятия	лабораторные занятия	самостоятельная работа
1.	<i>Оптика</i> Введение. Основы волновой оптики	52	10	0	16	10	16
2.	Взаимодействие света с веществом	37	8	0	6	8	15
3.	Основы геометрической оптики	30	6	0	4	8	12
4.	Основы фотометрии	12	2	0	2	2	6
5.	Основы квантовой оптики	22	6	0	4	4	8
	Экзамен	27					27
Всего за 5 семестр		180	32	0	32	32	57+27

6 семестр

№ п/п	Разделы и темы	Всего часов	Формы занятий				
			лекции	семинары	практические занятия	лабораторные занятия	самостоятельная работа
1.	<i>Квантовая физика</i>	26	2	0	2	10	12

	Введение. Корпускулярно- волновой дуализм						
2.	Вероятностный характер состояния и движения частиц	9	4	0	2	0	3
3.	<i>Физика атома</i> Основы физики атома	26	6	0	2	6	12
4.	<i>Ядерная физика</i> Основы физики атомного ядра	19	6	0	2	4	7
5.	<i>Физика элементарных частиц</i> Основы физики элементарных частиц	9	4	0	2	0	3
6.	<i>Физика твёрдого тела</i> Элементы квантовой физики твёрдого тела	23	2	0	2	6	13
7.	Заключение. Достижения и проблемы современной физики	5	2	0	0	0	3
	Экзамен	27					27
	Всего за 6 семестр	144	26	0	12	26	53+27
	Итого за весь курс	720	144	0	144	144	212+108

5. Виды образовательной деятельности¹

Занятия лекционного типа

2 семестр

Лекция 1

Введение

Предмет изучения физики. Методы физической науки. Связь физики с другими естественными науками.

Раздел: Механика

Механическое движение. Представление о свойствах пространства и времени в классической механике. Относительность механического движения. Понятие состояния в классической механике. Три способа описания движения. Модель материальной точки и абсолютно твердого тела.

Тема: Кинематика

Кинематика прямолинейного движения материальной точки.

Координатный и векторный способы описания прямолинейного движения материальной точки. Траектория, путь, перемещение, скорость и ускорение материальной точки. Законы (кинематические уравнения) прямолинейных равномерного и равноускоренного движений материальной точки.

Лекция 2

Кинематика движения материальной точки по окружности.

Криволинейное движение материальной точки и движение по окружности. Угол поворота, угловая скорость и угловое ускорение. Нормальное и тангенциальное ускорение. Связь между линейными и угловыми величинами. Законы (кинематические уравнения) равномерного и равноускоренного движения материальной точки по окружности.

Кинематика твёрдого тела.

Твёрдое тело как механическая система материальных точек. Центр масс, радиус-вектор, скорость и ускорение центра масс. Законы (кинематические уравнения движения) поступательного и вращательного движений твёрдого тела.

Лекция 3

Тема: Динамика

Динамика поступательного движения:

Инерциальные системы отсчета. Первый закон Ньютона. Сила и масса. Принцип независимости действия сил. Понятие замкнутой системы материальных точек (тел). Импульс материальной точки и системы материальных точек. Второй закон Ньютона (уравнение движения), теорема о движении центра масс.

Третий закон Ньютона. Границы применимости Законов Ньютона.

Динамика вращательного движения тела:

Момент инерции материальной точки и твердого тела. Момент импульса относительно точки и относительно оси вращения. Момент силы относительно точки и относительно оси вращения. Основное уравнение динамики вращательного движения.

Лекция 4

Поле тяготения:

Сила тяжести и вес. Невесомость. Закон тяготения Ньютона. Постоянная тяготения и методы её измерения. Поле как вид материи, понятие поля тяготения. Фундаментальные взаимодействия. Однородное и центральное поле. Инертная и тяжёлая масса. Измерение массы как меры тяготения. Напряженность поля.

Движение тел в центральном поле тяготения. Эйнштейновский принцип эквивалентности сил инерции и сил тяготения.

Движение планет, законы Кеплера (*самостоятельно*).

¹ Содержание данного раздела может быть представлено в электронной информационно-образовательной среде СмолГУ или в опубликованном учебно-методическом пособии.

Движение тела переменной массы, космические скорости, достижения советской науки и техники в освоении космического пространства (*самостоятельно*).

Лекция 5

Тема: Работа, мощность, энергия

Работа и мощность силы при поступательном движении тела. Работа силы тяжести и силы упругости. Консервативные силы и системы. Механическая энергия, кинетическая и потенциальная энергии. Потенциальная энергия тела в поле тяготения, потенциал поля.

Работа и мощность момента силы при вращательном движении тела, кинетическая энергия вращающегося тела.

Тема: Законы сохранения

Теорема об изменении импульса системы тел, закон сохранения импульса системы тел при поступательном движении.

Теорема об изменении момента импульса системы тел, закон сохранения импульса системы тел при вращательном движении. Свободные оси вращения. Главные оси инерции.

Условия равновесия твердого тела. Виды равновесия.

Теорема об изменении полной механической энергии, закон сохранения механической энергии.

Абсолютно упругий и абсолютно неупругий удары.

Лекция 6

Тема: Неинерциальные системы отсчета (*самостоятельно*)

Движение материальной точки (тела) в поступательно движущейся НИСО, сила инерции. Движение материальной точки (тела) в равномерно вращающейся системе отсчёта, центробежная и кориолисова силы инерции.

Общие свойства всех сил инерции. Проявление сил инерции на Земле.

Тема: Элементы специальной теории относительности (*самостоятельно*)

Преобразования Галилея, инвариантность 2-го закона Ньютона и границы применимости механики Ньютона. Постулаты Эйнштейна, преобразования Лоренца и их следствия. Релятивистская форма 2-го закона Ньютона. Взаимосвязь массы и энергии. Законы сохранения в СТО.

Тема: Механические колебания и волны

Механические колебания:

Колебательное движение. Механические колебания, маятники. Свободные гармонические колебания пружинного (или математического) маятника: дифференциальное уравнение, закон колебаний, амплитуда, период, частота, циклическая частота, фаза колебаний. Свободные затухающие пружинного (или математического) маятника: дифференциальное уравнение, закон колебаний, амплитуда, период, частота, фаза, декремент затухания, время релаксации, добротность.

Лекция 7

Вынужденные установившиеся колебания пружинного (или математического) маятника: дифференциальное уравнение, закон колебаний, амплитудно-частотная характеристика, фазо-частотная характеристика, резонанс.

Сложение колебаний (*самостоятельно*).

Механические волны:

Механизм распространения колебаний в однородной упругой среде. Луч, фронт и виды механических волн (плоские и сферические, продольные и поперечные). Уравнение плоской гармонической бегущей волны, её частота, фаза, скорость, длина волны и волновое число. Мгновенное распределение смещений, скоростей, деформацией в бегущей волне. Энергия бегущей волны, объёмная плотность энергии, поток энергии и вектор Умова.

Стоячие волны, узлы и пучности, распределение механической энергии (*самостоятельно*).

Эффект Доплера (*самостоятельно*).

Элементы акустики (самостоятельно):

Источники и приёмники звука. Акустическое давление, сила звука. Звуковые волны в струнах и трубах, колебания мембран. Акустический резонанс. Ультразвук.

Лекция 8

Тема: Механика жидкостей и газов

Гидростатика:

Отличительные свойства жидкостей и газов, как сплошных сред. Давление в жидкостях и газах. Гидростатический закон. Следствия гидростатического закона.

Гидродинамика:

Архимедова сила. Условие плавания тел. Основные понятия динамики жидкостей. Уравнение неразрывности. Уравнение Бернулли для идеальной жидкости и следствия из него. Движение вязкой жидкости. Формулы Ньютона и Пуазейля. Ламинарное и турбулентное течение. Число Рейнольдса.

Движение тела в вязкой среде, формула Стокса.

3 семестр

Лекция 1

Раздел: Молекулярная физика и термодинамика

Введение

Предмет изучения молекулярной физики (МФ) и термодинамики (ТД). Основные методы изучения молекулярной физики. Физические модели в МФ и ТД

Тема: Основы молекулярно-кинетической теории

МКТ идеального газа:

Основные положения молекулярно-кинетической теории.

Модель идеального газа. Средняя длина свободного пробега молекул, средняя арифметическая скорость.

Столкновение молекул, эффективный диаметр. Силы взаимодействия молекул.

Броуновское движение, опыты Перрена (*самостоятельно*).

Лекция 2

Давление газа на стенки сосуда. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа. Средняя квадратичная скорость. Теорема о равномерном распределении энергии молекулы по степеням свободы.

Температура, измерение температуры, термометры, температурные шкалы (*самостоятельно*).

Лекция 3

Статистические распределения в МКТ:

Распределение Максвелла. Демонстрация статистических закономерностей на доске Гальтона. Наивероятнейшая скорость.

Измерение скоростей молекул, опыт Штерна (*самостоятельно*).

Распределение Больцмана. Барометрическая формула. Распределение Максвелла – Больцмана.

Лекция 4

Тема: Основы термодинамики

Общее и нулевое начало термодинамики:

Основные понятия ТД. Общее начало ТД. Нулевое начало ТД. Термическое уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева – Клапейрона). Газовые законы как частные случаи уравнения состояния идеального газа.

Экспериментальное определение числа Авогадро (*самостоятельно*).

Лекция 5

Первое начало термодинамики:

Адиабатный процесс, уравнение Пуассона. Калорическое уравнение состояния идеального газа. Первое начало ТД, способы изменения внутренней энергии. Работа газа, количество теплоты. Функции состояния системы.

Лекция 6

Применение первого начала термодинамики к изопроцессам:

Применение I начала ТД к изопроцессам в идеальных газах. Молярная и удельная теплоёмкости. Демонстрация образования тумана при адиабатном расширении воздуха. Классическая теория теплоёмкости идеального газа.

Лекция 7

Второе начало термодинамики:

Обратимые и необратимые процессы. Второе начало термодинамики, энтропия. Статистическая трактовка энтропии, уравнение Больцмана. Изменение энтропии в изопроцессах.

Лекция 8

Циклические процессы и тепловые машины:

Циклические процессы. Тепловые и холодильные машины. Цикл Карно, теоремы Карно. Реальные циклы и тепловые двигатели (*самостоятельно*).

Третье начало ТД:

Теорема Нернста и следствия из неё. Границы применимости законов ТД.

Лекция 9

Тема: Агрегатные состояния вещества

Реальные газы:

Свойства реальных газов. Потенциальная кривая. Термическое уравнение состояния реального газа, изотермы Ван-дер-Ваальса и Эндрюса. Демонстрация кипения жидкости при понижении давления. Калорическое уравнение состояния реального газа, работа сил притяжения молекул.

Понятие о плазме (*самостоятельно*).

Лекция 10

Жидкости:

Строение жидкостей, ближний порядок. Поверхностное натяжение. Свободная энергия поверхностного слоя. Формула Лапласа. Демонстрация поверхностного натяжения на мыльных плёнках. Смачиваемость. Капиллярные явления. Демонстрация капиллярных явлений.

Растворы, теплота растворения, осмотическое давление (*самостоятельно*).

Лекция 11

Строение твёрдых тел:

Кристаллические твёрдые тела, дальний порядок, сингонии. Демонстрация модели пространственной кристаллической решетки. Анизотропия.

Типы связей частиц в кристаллах (*самостоятельно*).

Лекция 12

Тепловые свойства твёрдых тел:

Тепловое расширение кристаллов. Классическая теория теплоёмкости кристаллов, закон Дюлонга и Пти. Аморфные вещества, затвердевание и размягчение.

Полимеры, жидкие кристаллы (*самостоятельно*).

Лекция 13

Тема: Фазовые переходы

Фазовые переходы первого рода:

Понятия фазы и фазового перехода. Удельная теплота. Примеры ФП 1 рода. Демонстрация давления Лапласа. Демонстрация возгонки кристаллов йода. Уравнение теплового баланса. Динамическое равновесие жидкости и пара.

Влажность, точка росы (*самостоятельно*).

Лекция 14

Критическое состояние вещества:

Критическое состояние, критические параметры. Демонстрация критического состояния эфира. Сжижение газов. Эффект Джоуля-Томсона. Получение низких температур. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса, диаграмма состояния вещества.

Фазовые переходы 2 рода (самостоятельно):

«Скачок» теплоёмкости. Примеры ФП 2 рода.

Лекция 15

Тема: **Явления переноса**

Диффузия:

Диффузия газов, закон Фика. Демонстрация диффузии. Вывод закона Фика. Коэффициент диффузии газов. Связь коэффициента диффузии с параметрами газа. Зависимость коэффициента диффузии от температуры.

Диффузия в жидкостях (*самостоятельно*).

Вязкость:

Вязкость, закон Ньютона. Демонстрация вязкости воздуха. Вывод уравнения Ньютона. Коэффициент вязкости газов, его связь с параметрами газа и коэффициентом диффузии. Зависимость коэффициента вязкости от температуры.

Вязкость жидкостей (*самостоятельно*).

Лекция 16

Теплопроводность:

Теплопроводность, закон Фурье. Демонстрация теплопроводности газов и твердых тел. Вывод закона Фурье. Коэффициент теплопроводности газов. Связь коэффициента теплопроводности с другими коэффициентами переноса. Зависимость коэффициента теплопроводности от температуры.

Теплопроводность жидкостей и твёрдых тел (*самостоятельно*).

4 семестр

Лекция 1

Раздел: Электромагнетизм

Введение

Предмет изучения в электромагнетизме. Представление о поле как форме материи. Физические модели источников электрического и магнитного полей.

Тема: **Электростатическое поле в вакууме**

Напряженность электростатического поля:

Электрический заряд, закон сохранения электрического заряда. Принцип близкодействия. Закон Кулона. Электрическое поле. Вектор напряженности электростатического поля. Принцип суперпозиции полей.

Опыты Милликена по определению заряда электрона (*самостоятельно*).

Лекция 2

Потенциал и потенциальная энергия ЭП:

Работа сил электростатического поля. Теорема о циркуляции вектора напряженности. Потенциал и разность потенциалов, градиент потенциала. Вычисление потенциала точек простейших полей.

Потенциальная энергия заряда в электрическом поле.

Поле диполя (*самостоятельно*).

Лекция 3

Тема: **Электростатическое поле в веществе**

ЭП поле при наличии диэлектриков:

Поляризация диэлектриков. Вектор индукции (электрического смещения) ЭП, электрическая восприимчивость и проницаемость. Электрический гистерезис.

ЭП на границе раздела диэлектриков (*самостоятельно*).

Поток вектора индукции ЭП, теорема Остроградского-Гаусса и её применение.

Лекция 4

ЭП при наличии проводников:

Электризация проводников. Потенциал проводника в электростатическом поле. Электростатическая защита.

Молниезащита (*самостоятельно*).

Емкость проводника и системы проводников. Конденсаторы. Соединение конденсаторов в батарею.

Энергия взаимодействия зарядов и энергия ЭП:

Энергия системы точечных зарядов, заряженного проводника и конденсатора. Энергия и объёмная плотность энергии ЭП.

Лекция 5

Тема: **Постоянный электрический ток**

Постоянный электрический ток в проводниках:

Условия существования и характеристики электрического поля. Закон Ома для однородного участка цепи. Сопротивление проводников, соединение проводников в батарею. Зависимость сопротивления от температуры.

Лекция 6

Сторонние э.д.с. Закон Ома для неоднородного участка цепи. Закон Ома для замкнутой цепи. Внутреннее сопротивление источника. Правила Кирхгофа.

Работа и мощность в цепи постоянного тока. Закон Джоуля - Ленца в дифференциальной и интегральной формах.

Электропроводность твёрдых тел:

Природа тока в металлах. Классическая электронная теория металлов и её трудности. Контактная разность потенциалов. Контактные явления в полупроводниках.

Лекция 7

Электрический ток в электролитах и газах:

Электрический ток в электролитах. Электролиз. Подвижность ионов в электролитах.

Электрический ток в газах, ионизация, рекомбинация. Газовый разряд.

Понятие о плазме, плазма в электрическом поле (*самостоятельно*).

Ток в вакууме, электронные лампы (*самостоятельно*).

Лекция 8

Тема: **Магнитное поле в вакууме**

Индукция магнитного поля:

Магнитное поле, вектор магнитной индукции. Элемент тока, закон Био – Савара - Лапласа. Принцип суперпозиции МП. Магнитное поле прямого и кругового токов.

Магнитное поле движущегося заряда.

Поток вектора индукции МП, теорема Остроградского – Гаусса.

Лекция 9

Действие магнитного поля на токи и заряды:

Действие магнитного поля на проводник с током, закон Ампера, сила Ампера. Магнитное взаимодействие параллельных токов. Действие магнитного поля на проводящий контур, магнитный момент контура с током. Работа МП по перемещению проводника и контура с током, магнитный поток.

Действие магнитного поля на движущийся заряд, сила Лоренца.

Движение заряженных частиц в скрещенных электрическом и магнитном полях, ускорители (*самостоятельно*).

Лекция 10

Тема: **Магнитное поле в веществе**

МП поле при наличии магнетиков:

Намагничивание магнетиков. Вектор напряжённости МП, магнитная восприимчивость и проницаемость. Понятие о слабых магнетиках: диа- и пара-магнетиках. Сильные магнетики: ферромагнетики, антиферромагнетики, ферриты. Магнитный гистерезис.

МП на границе раздела магнетиков (*самостоятельно*).

Лекция 11

Теорема о циркуляции напряжённости МП (закон полного тока) и её применение.
Магнитомеханические явления. Эффект Холла. МГД генератор.

Лекция 12

Тема: Электромагнитная индукция

Закон Фарадея, правило Ленца. Самоиндукция, индуктивность контура с током, соленоид. Взаимоиндукция, трансформатор.

Ток при замыкании и размыкании цепи.

Энергия и плотность энергии магнитного поля.

Лекция 13

Вихревое электрическое поле. Первое уравнение Максвелла. Ток смещения. Второе уравнение Максвелла. Относительный характер электрического и магнитного полей. Электромагнитное поле, энергия, масса и импульс электромагнитного поля. Полная система уравнений Максвелла в вакууме и в веществе.

Лекция 14

Тема: Электромагнитные колебания и волны

Электрический колебательный контур. Свободные колебания. Затухающие колебания. Автоколебания.

Лекция 15

Вынужденные колебания. Получение периодической э.д.с. Квазистационарные токи. Сопротивление, индуктивность и ёмкость в цепи переменного тока. Закон Ома. Резонансные явления в цепи переменного тока. Работа и мощность в цепи переменного тока.

Лекция 16

Электромагнитные волны в вакууме и в однородной среде. Волновое уравнение. Уравнение волны, плоская электромагнитная волна. Энергия волны, вектор Умова – Пойтинга, интенсивность.

Излучение электромагнитных волн. Шкала электромагнитных волн. Получение волн заданных диапазонов частот.

Передача информации с помощью электромагнитных волн (*самостоятельно*).

5 семестр

Лекция 1

Раздел: Оптика

Введение

Предмет изучения в оптике. Краткий исторический обзор развития взглядов на природу света. Шкала электромагнитных волн. Понятие оптического излучения. Источники оптического излучения.

Тема: Основы волновой оптики

Отражение и преломление

Принцип Гюйгенса – Френеля. Отражение света. Преломление света. Полное внутреннее отражение и его применение.

Лекция 2

Интерференция света, метод деления волнового фронта

Понятие о когерентности. Принцип суперпозиции волн. Интерференция света, интерференционный спектр.

Методы получения когерентных волн в оптике. Схема двулучевой интерференции. Вывод условий наблюдения максимумов и минимумов интерференции. Схемы метода деления волнового фронта.

Лекция 3

Интерференция света, метод деления амплитуды волны

Влияние размеров и некогерентности источника света на интерференционную картину. Пространственная и временная когерентность. Метод деления амплитуды. Интерференция в тонких плёнках, пластинках и клиньях. Кольца Ньютона. Полосы равного наклона и равной толщины (*самостоятельно*).

Лекция 4

Дифракция Френеля

Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Спираль Френеля. Дифракция Френеля на круглом отверстии и круглом диске, дифракционные спектры.

Лекция 5

Дифракция Фраунгофера

Дифракция Фраунгофера на щели и дифракционный спектр. Дифракционная решетка. Дифракционная решетка как спектральный прибор, её дифракционный спектр. Дифракция на пространственной структуре, формула Вульфа-Брэгга. Понятие о голографии (*самостоятельно*).

Лекция 6

Тема: Взаимодействие света с веществом

Поляризация света

Представление о естественном и поляризованном свете. Поляризация света при отражении и преломлении на границе двух изотропных сред, закон Брюстера. Формулы Френеля. Стопа Столетова. Интерференция поляризованного света (*самостоятельно*).

Лекция 7

Поляризация света (продолж.)

Поляризация при преломлении на границе анизотропных сред, поляризационные приборы. Двойное лучепреломление и применение принципа Гюйгенса. Анализ поляризованного света, закон Малюса. Представление о методе поляриметрии. Вращение плоскости поляризации оптически активными средами, электрическим и магнитным полями (*самостоятельно*).

Лекция 8

Дисперсия света

Обнаружение дисперсии в опытах Ньютона, дисперсионный спектр. Основы электронной теории дисперсии Друде - Лоренца. Уравнение дисперсии, кривая дисперсии. Понятие о нормальной и аномальной дисперсии. Проявление дисперсии в природе. Применение дисперсии. Фазовая и групповая скорость, формула Рэлея.

Лекция 9

Поглощение и рассеяние света

Аномальная дисперсия, комплексный характер диэлектрической проницаемости. Кривая поглощения. Закон поглощения Бугера-Бера. Селективный характер поглощения, спектры поглощения. Рассеяние света в различных средах, природа рассеяния. Представления Тиндаля и Рэлея. Цвета тел и неба. Эффект Вавилова – Черенкова (*самостоятельно*).

Лекция 10

Тема: Основы геометрической оптики

Законы геометрической оптики

Геометрическая оптика как предельный случай волновой оптики. Принцип Ферма и законы геометрической оптики. Преломление света призмой.

Лекция 11

Зеркала

Представление о зеркалах.
Плоское зеркало. Построение изображений с помощью плоского зеркала.
Сферическое зеркало. Построение изображений с помощью вогнутого и выпуклого зеркала. Формула сферического зеркала, увеличение.

Лекция 12

Линзы

Представление о линзах, типы линз.
Тонкая линза. Построение изображений с помощью собирающих и рассеивающих линз.
Формула тонкой линзы, увеличение.
Системы линз, оптические приборы и их аберрации (*самостоятельно*).
Глаз как оптический прибор, недостатки зрения и их исправление (*самостоятельно*).

Лекция 13

Тема: Основы фотометрии

Световые величины и единицы их измерения. Методы измерения световых величин.
Законы освещённости. Представление о естественной и искусственной освещённости.
Скорость света и методы её измерения (*самостоятельно*).

Лекция 14

Тема: Основы квантовой оптики

Тепловое излучение

Представление о тепловом излучении. Спектр теплового излучения. Гипотеза Планка о квантах света. Формула Планка для теплового излучения. Законы Стефана – Больцмана и Вина как предельные случаи формулы Планка.

Лекция 15

Фотоэффект

Внешний фотоэффект. Опыты Столетова и закономерности внешнего фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна и красная граница фотоэффекта. Обратный фотоэффект. Применение внешнего фотоэффекта.
Внутренний фотоэффект и его применение (*самостоятельно*).

Лекция 16

Давление света и другие квантовые свойства света

Давление света, опыты Лебедева. Эффект Комптона. Опыт Боте. Современные представления о корпускулярно-волновом дуализме света.

6 семестр

Лекция 1

Раздел: Квантовая физика

Введение

Предмет квантовой физики.

Тема: Корпускулярно-волновой дуализм

Гипотеза Луи де Бройля и её экспериментальное подтверждение: опыты по дифракции электронов Томсона, Тартаковского и Фабриканта.

Лекция 2

Тема: Вероятностный характер состояния и движения частиц

Описание состояния частицы с помощью волновой функции. Вероятностный смысл волновой функции.

Принцип неопределённостей. Соотношения неопределённостей.

Лекция 3

Уравнение Шредингера. Движение частицы потенциальной яме с непроницаемыми стенками. Квантовый осциллятор.

Туннельный эффект (*самостоятельно*).

Лекция 4

Раздел: Физика атома

Тема: **Основы физики атома**

Модели атома

Модель атома Томсона. Опыты с α -частицами Резерфорда, модель Резерфорда. Модель Бора-Зоммерфельда. Волновая модель де Бройля.

Теория Бора

Спектральные закономерности атома водорода. Постулаты Бора. Опыт Франка-Герца. Значение и недостатки теории Бора.

Лекция 5

Квантово-механическое описание атома

Представление физических величин операторами: операторы координат, импульса, момента импульса, потенциальной и кинетической энергий. Среднее значение физических величин.

Уравнение Шредингера для нестационарных и стационарных состояний частицы. Волновая функция и разделение переменных. Квантовые числа и их физический смысл. Спин электрона. Опыт Штерна – Герлаха.

Лекция 6

Многоэлектронные атомы

Электронная конфигурация атома. Принцип Паули. Таблица химических элементов Менделеева. Природа характеристических рентгеновских спектров. Закон Мозли.

Типы связей частиц в кристалле (*самостоятельно*).

Квантовые генераторы

Понятие о мазерах и лазерах. Вынужденное излучение. Устройство лазера, системы накачки и принцип действия.

Применение лазерного излучения (*самостоятельно*).

Лекция 7

Раздел: Ядерная физика

Тема: **Основы физики атомного ядра**

Модели атомного ядра

Представление о составе ядра. Статические и динамические характеристики атомных ядер. Ядерные силы. Модели ядра. Изотопы, изобары, изотоны, зеркальные ядра.

Лекция 8

Радиоактивность и ядерные реакции

Явление радиоактивности. Закон радиоактивного распада. Типы радиоактивных распадов, правила смещения.

Лекция 9

Ядерные реакции, их классификация. Деление и синтез ядер. Ядерные реакции в звёздах. Основы атомной энергетики, ядерные реакторы (*самостоятельно*).

Лекция 10

Раздел: Физика элементарных частиц

Тема: **Основы физики элементарных частиц**

Фундаментальные взаимодействия и основные классы элементарных частиц. Кварки и кварковый состав адронов.

Представление о глюонах (*самостоятельно*).

Лекция 11

Взаимопреращение элементарных частиц. Обменное взаимодействие. Первичные и вторичные космические лучи. Широкий и долготный эффекты.

Лекция 12

Раздел: Физика твёрдого тела

Тема: Элементы квантовой физики твёрдого тела

Зонная теория: образование энергетических зон в кристаллах, заполнение зон электронами. Классификация твёрдых тел. Электропроводность проводников и полупроводников с точки зрения квантовой физики.

Электропроводность полупроводников и ее зависимость от температуры (*самостоятельно*).

Контакт двух полупроводников, электронно-дырочный переход. Простейшие полупроводниковые приборы (*самостоятельно*).

Лекция 13

Заключение

Тема: Достижения и проблемы современной физики

Уровни структурной организации вещества во Вселенной. Модель Вселенной. Темная материя и энергия. Квантовая гравитация. Нанотехнологии.

Квантовые компьютеры (*самостоятельно*).

Занятия семинарского типа
Практические занятия

2 семестр

Занятие № 1

Тема: Кинематика

Кинематика прямолинейного и поступательного движений

Вопросы

- ✓ Что изучает физика, механика, кинематика?
- ✓ Что называют материальной точкой?
- ✓ Что такое система отсчета?
- ✓ Что такое вектор перемещения? Всегда ли модуль вектора перемещения совпадает с пройденным путем?
- ✓ Какова основная задача механики? Что значит описать движение тела?
- ✓ Какие способы описания движения существуют? В чем они заключаются?
- ✓ Дать определения векторов средней и мгновенной скоростей. Каковы их направления?
- ✓ Что такое равномерное движение? Запишите закон этого движения. Нарисуйте графики проекций скорости и перемещения для этого движения.
- ✓ Какое движение называется равнопеременным? Запишите закон этого движения. Нарисуйте графики проекций скорости и перемещения для этого движения.

Задачи

1. Прямолинейное движение точки задано уравнением: $X = -2 + 3t - 0,5t^2$. Написать уравнение зависимости скорости точки от времени. Построить график этой зависимости; найти координату и скорость точки через 2 с и 8 с после начала движения.
2. Радиус вектор материальной точки изменяется со временем по закону $\vec{r} = 4t^2\vec{i} + 3t\vec{j} + 2\vec{k}$, Определить: а) скорость \vec{v} ; б) ускорение \vec{a} в) модуль скорости в момент времени 2с.
3. Тело падает с высоты 2000 м, за какое время оно пройдет последние 100 м?
4. Тело брошено вертикально вверх со скоростью 30 м/с. На какой высоте и через, сколько времени скорость тела (по модулю) будет в три раза меньше, чем в начале подъема? Определить скорость мяча через 4 с, если он брошен вертикально вниз со скоростью 5 м/с.
5. Тело бросили с поверхности Земли под углом α к горизонту с начальной скоростью v_0 . Пренебрегая сопротивлением воздуха найти: а) время движения; б) максимальную высоту подъема и горизонтальную дальность полета. При каком значении угла бросания они будут равны? г) уравнение траектории $y(x)$, где y и x перемещение тела по вертикали и горизонтали соответственно; д) радиусы кривизны начала и вершины траектории.

Задачи для самостоятельного решения

6. Кинематические уравнения движения двух материальных точек имеет вид: $X_1 = A_1 + V_1t + C_1t^2$ и $X_2 = A_2 + V_2t + C_2t^2$, где $C_1 = -2\text{м/с}^2$, $C_2 = 1\text{м/с}^2$. Определить: а) момент времени, для которого скорости этих точек будут равны; б) ускорения a_1 и a_2 для этого момента.
7. Радиус вектор материальной точки изменяется со временем по закону $\vec{r} = t^3\vec{i} + 3t^2\vec{j}$, где \vec{i}, \vec{j} - орты осей X и Y . Определить для момента времени 1 с: а) модуль скорости; б) модуль ускорения.
8. Тело падает с высоты 490 м. Определить перемещение тела за последнюю секунду падения.
9. Тело падает с высоты 1 км с нулевой начальной скоростью. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить, какое время понадобится телу для прохождения последних 10 м пути.
10. С башни высотой 30 м в горизонтальном направлении брошено тело с начальной скоростью 10 м/с. Определить: а) уравнение траектории тела $y(x)$; б) скорость тела в момент падения на землю; в) угол, который образует эта скорость с горизонтом в точке его падения.

Тема: **Кинематика** (продолжение)*Кинематика движения по окружности и вращательного движения*Вопросы

- ✓ Что называют угловым перемещением? Единицы измерения.
- ✓ Что называют угловой скоростью? Единицы измерения.
- ✓ Что называют угловым ускорением? Единицы измерения.
- ✓ В чём состоит основная задача механики в случае движения по окружности?
- ✓ Что такое тангенциальное ускорение, нормальное ускорение полное ускорение?
- ✓ Какова связь между линейными и угловыми кинематическими величинами?
- ✓ Какой вид имеют законы равномерного и равнопеременного движения по окружности?

Задачи

1. Колесо, вращаясь равноускоренно, достигло угловой скорости 20 рад/с через 10 оборотов после начала движения. Чему равно угловое ускорение колеса?
2. Диск радиусом 10 см вращается так, что зависимость угла поворота радиуса диска от времени задается уравнением: $\varphi = 3 + t + t^2 + t^3$. Определить для точек на ободе диска к концу второй секунды после начала движения: а) тангенциальное ускорение; б) нормальное ускорение; с) полное ускорение.
3. Диск радиусом 10 см вращается так, что зависимость линейной скорости точек, лежащих на ободе колеса, от времени задается уравнением $v = 0,3t + 0,1t^2$. Определить момент времени, для которого вектор полного ускорения образует с радиусом колеса угол 4° .
4. Материальная точка начинает двигаться по окружности радиусом 12,5 см с постоянным тангенциальным ускорением $0,5 \text{ см/с}^2$. Определить: а) момент времени, при котором вектор ускорения образует с вектор скорости угол 45° ; б) путь, пройденный телом за это время.
5. Диск вращается вокруг неподвижной оси так, что зависимость угла поворота диска от времени описывается уравнением $\varphi = 0,5t^2$. Определить к концу второй секунды после начала движения: а) угловую скорость диска; б) угловое ускорение диска; с) для точки, находящейся на расстоянии 80 см от оси вращения, тангенциальное ускорение, нормальное ускорение и полное ускорение.

Задачи для самостоятельного решения

6. Колесо вращается с постоянным угловым ускорением 2 с^{-2} . Через 0,5 с после начала движения полное ускорение колеса равно $13,3 \text{ м/с}^2$. Чему равен радиус колеса?
7. Диск радиусом 10 см вращается так, что зависимость угла поворота радиуса диска от времени задается уравнением: $\varphi = 2 + 4t^3$. Определить для точек на ободе колеса диска нормальное и тангенциальное ускорения в момент времени 2 секунды от начала движения, а также угол поворота, при котором полное ускорение составляет с радиусом диска угол 45° .
8. Диск вращается вокруг неподвижной оси так, что зависимость угла поворота диска от времени описывается уравнением $\varphi = 0,5t^2$. Определить к концу второй секунды после начала движения полное ускорение точки на ободе диска, если линейная скорость этой точки в этот момент $0,4 \text{ м/с}$.
9. Точка движется по окружности радиусом 15 см с постоянным тангенциальным ускорением. К концу четвертого оборота после начала движения линейная скорость точки 15 см/с . Определить нормальное ускорение точки через 16 секунд после начала движения.
10. Вал начинает вращаться и за первые 10 секунд совершает 50 оборотов. Считая вращение вала равноускоренным, определить угловое ускорение и конечную угловую скорость.

Тема: **Динамика***Динамика движения по окружности и вращательного движения*Вопросы

- ✓ Сформулируйте первый закон Ньютона.

- ✓ Какие системы отсчета называют инерциальными? Приведите примеры таких систем.
- ✓ Что такое инертность тела? Какая физическая величина является мерой инерции?
- ✓ Почему тело, предоставленное самому себе, не сохраняет скорость сколь угодно долго?
- ✓ Какой смысл имеет понятие силы? В каких единицах она измеряется?
- ✓ Сформулируйте закон Всемирного тяготения. Как определяется гравитационная постоянная и каков ее физический смысл?
- ✓ В чем состоит принцип независимости действия сил?
- ✓ В чем заключается принцип суперпозиции сил? Дайте определение равнодействующей сил.
- ✓ Сформулируйте второй закон Ньютона: а) в общем виде, б) в случае движения тела постоянной массы. Что называют уравнением движения?
- ✓ Сформулируйте третий закон Ньютона. Приведите примеры проявления этого закона в окружающей действительности.

Задачи

1. Тело массой 1,0 кг лежит на горизонтальной поверхности. Коэффициент трения 0,1. На тело действует горизонтальная сила F . Определить силу трения для двух случаев: а) $F = 0,50$ Н; б) $F = 2,0$ Н. Изобразить графически, как изменяется сила трения при изменении силы F .
2. Какова начальная скорость шайбы пущенной по поверхности льда, если она остановилась через 40 с? Коэффициент трения шайбы о лед 0,05.
3. На столе лежат два бруска, связанные нитью. На брусок массой $m_1 = 4$ кг действует сила 20 Н под углом 30° к горизонту. Масса второго бруска $m_2 = 2$ кг, коэффициент трения брусков о стол 0,1. Определите ускорение, с которым движутся тела, а также силу натяжения нити.
4. Ведерко с водой вращают в вертикальной плоскости на веревке длиной 0,5 м. С какой наименьшей скоростью нужно его вращать, чтобы при прохождении через верхнюю точку удержать воду в ведерке?

Задачи для самостоятельного решения

5. Тело массой 20 кг тянут с силой 120 Н по горизонтальной поверхности. Если эта сила приложена под углом 60° к горизонту, то тело движется равномерно. С каким ускорением будет двигаться тело, если ту же силу приложить под углом 30° к горизонту?
6. Два тела массами $m_1 = 3$ кг и $m_2 = 6$ кг лежат на абсолютно гладком столе. Тела связаны невесомым шнуром, который разрывается если к телу с меньшей массой приложить силу 240 Н. Какую минимальную силу надо приложить к телу большей массы, чтобы разорвать шнур?
7. Летчик давит на сиденье самолета в нижней точке петли Нестерова с силой 7100 Н. масса летчика 80 кг, радиус петли 250 м. Определить скорость самолета.
8. Тело массой m соскальзывает с трением с наклонной плоскости. Угол наклона плоскости α , ее длина l , коэффициент трения μ . Начальная скорость тела равна нулю. Найти время спуска тела с наклонной плоскости.

Занятие № 4

Тема: **Динамика** (продолжение)

Работа, мощность, механическая энергия

Вопросы

- ✓ Чему равна работа силы?
- ✓ Чему равна работа момента силы?
- ✓ Что называют мощностью? В каких единицах измеряют мощность?
- ✓ Что такое механическая энергия?
- ✓ Чему равна кинетическая энергия при прямолинейном (или поступательном) движении?
- ✓ Чему равна кинетическая энергия при движении по окружности (или вращении)?
- ✓ Как определить энергию в поле силы тяжести земли?
- ✓ Как определить энергию сжатой пружины?

Задачи

1. Автомобиль массой 1,8 т движется в гору, уклон которой составляет 3 м на каждые 100 м пути. Коэффициент трения колес о дорогу равен 0,1. Найти: 1) работу A двигателя на пути 5 км, 2) развиваемую двигателем мощность P , если этот путь преодолен за 5 мин.
2. Пуля массой m_1 , летящая горизонтально со скоростью v_0 , попадает в нижний конец стержня, закрепленного на горизонтальной оси, проходящей через верхний конец стержня, и застревает в нем. Масса стержня m_2 , длина l . Определить линейную скорость нижнего конца стержня сразу после попадания пули.
3. С вершины наклонной плоскости начинает скатываться сплошной однородный цилиндр. Найти время скатывания цилиндра, если начальная высота 3 м, длина плоскости 10 м.
4. Кинетическая энергия тела массой 2 кг в некоторый момент времени равна 25 Дж. Найдите импульс этого тела в данный момент времени?

Задачи для самостоятельного решения

5. Равнодействующая сил, действующих на тело, равна 20 Н и направлена горизонтально. Тело движется так, что его координата изменяется по закону $x = 10 + 2t + t^2$. Какую работу совершает сила за 5 с?
6. Диск массой M катится без скольжения по горизонтальной плоскости со скоростью V . Найти кинетическую энергию тела.
7. С верхнего уровня наклонной плоскости одновременно начинают скатываться без скольжения сплошной цилиндр и шар с одинаковой массой и одинаковыми радиусами. Найти отношение скоростей этих тел на некотором данном уровне.
8. Кольцо массой 40 г и радиусом 3 см вращается вокруг неподвижной оси, перпендикулярной плоскости диска и проходящей через его центр масс со скоростью 2 м/с. Найти кинетическую энергию тела.

Занятие № 5

Тема: Законы сохранения

- ✓ Что называют механической системой? Какие системы называются замкнутыми?
- ✓ Чему равен импульс механической системы материальных точек? Как он изменяется под действием внешних сил?
- ✓ Сформулируйте закон сохранения импульса. Для каких систем он справедлив?
- ✓ Что такое центр масс системы материальных точек? Как его можно определить?
- ✓ Дайте определения энергии и работы. Объясните связь между этими величинами.
- ✓ Какие силы называются консервативными?
- ✓ Что называют кинетической и потенциальной энергией? Каковы особенности этих видов энергий?
- ✓ Сформулируйте закон сохранения механической энергии. В каких случаях полная механическая энергия системы не сохраняется?
- ✓ Что такое удар? Какие виды ударов шаров вам известны? В каких случаях не выполняется закон сохранения механической энергии?

Задачи

1. Снаряд массой 100 кг, летящий горизонтально вдоль железнодорожного пути со скоростью 500 м/с, попадает в вагон с песком и застревает в нем. Какую скорость получит вагон, если он двигался со скоростью 36 км/ч в направлении, противоположном движению снаряда?
2. Пуля массой 5 г, летящая горизонтально, попадает в брусок, установленный на подвижной тележке. Масса бруска с тележкой 495 г. Когда пуля попадает в тележку и застревает в ней, система приобретает скорость 0,8 м/с. Определить начальную скорость пули.
3. Два шара массами $m_1 = 1$ кг и $m_2 = 2$ кг движутся поступательно вдоль горизонтальной прямой в одном направлении. Скорости шаров до удара $v_1 = 7,0$ м/с и $v_2 = 1,0$ м/с. Определить скорости шаров после абсолютно упругого удара.
4. Определить во сколько раз уменьшится скорость шара, движущегося со скоростью v , при его соударении с покоящимся шаром, масса которого в n раз больше массы налетающего шара. Удар считать центральным и абсолютно упругим.

Задачи для самостоятельного решения

5. При центральном упругом ударе, движущееся тело массой m_1 ударяется о покоящееся тело массой m_2 . В результате чего скорость первого тела уменьшилась в два раза. Определить во сколько раз масса первого тела больше массы второго и кинетическую энергию второго тела непосредственно после удара, если первоначальная кинетическая энергия первого тела была равна 800 Дж.
6. Два тела, двигаясь навстречу друг другу со скоростью 3,0 м/с каждое, после удара стали двигаться вместе со скоростью 1,5 м/с. Определить отношение масс этих тел.
7. Два малых пластилиновых шарика, масса которых 0,1 кг и 0,2 кг, подвешены на нитях одинаковой длины 1 м так, что они соприкасаются. Первый шарик отклонили от положения равновесия на угол $\pi/2$ и отпустили. На какую высоту поднимутся шарики после абсолютно неупругого удара?

Занятие № 6

Тема: Неинерциальные системы отсчета

Вопросы

- ✓ Какие системы отсчета называются неинерциальными?
- ✓ Когда и почему необходимо рассматривать силы инерции?
- ✓ Что такое силы инерции и чем они отличаются от сил действующих в инерциальных системах отсчета?
- ✓ Как направлена центробежная сила? Когда она проявляется?
- ✓ Как направлена сила Кориолиса? Когда она проявляется?
- ✓ Каковы особенности всех сил инерции?
- ✓ Приведите приме проявления сил инерции на Земле.

Задачи для решения в аудитории

1. Спутник движется в экваториальной плоскости Земли с запада на восток по круговой орбите радиуса R . Пренебрегая ускорением, обусловленным движением Земли вокруг Солнца, найти ускорение спутника в системе отсчета, связанной с землей.
2. Вращение Земли приводит к отклонению свободно падающих тел от направления отвеса. В какую сторону происходит это отклонение?

Задачи для самостоятельного решения

3. Тело брошено вертикально вверх. Вернется ли оно в ту же точку при падении на Землю?
4. На плоскости с углом наклона α лежит тело. Определите наименьшее значение коэффициента трения, при котором тело не будет соскальзывать с наклонной плоскости, если плоскость движется: а) равномерно; б) равноускоренно. Решите задачу в инерциальной и неинерциальной системе отсчета.

Занятие № 7

Тема: Механические колебания и волны

Вопросы

- ✓ Что такое колебание? Какие колебания называют свободными, вынужденными?
- ✓ Какие колебания называют гармоническими, затухающими?
- ✓ Дайте определение амплитуды, фазы, периода, частоты, циклической частоты колебаний.
- ✓ Выведите формулы для скорости и ускорения гармонически колеблющейся точки как функции времени.
- ✓ Выведите формулы кинетической, потенциальной и полной механической энергии при гармонических колебаниях.
- ✓ Что называется математическим маятником? Выведите уравнение движения математического маятника. Выведите формулу периода математического маятника.
- ✓ Что называется пружинным маятником? Закон колебания пружинного маятника, период.
- ✓ Запишите дифференциальное уравнение затухающих колебаний и его решение.

- ✓ Как изменится частота собственных колебаний с увеличением массы колеблющегося тела?
- ✓ По какому закону изменяется амплитуда затухающих колебаний?
- ✓ Что такое коэффициент затухания? Логарифмический декремент затухания?
- ✓ Что такое автоколебание? В чем их отличие от вынужденных колебаний?
- ✓ Что такое вынужденные колебания? От чего зависит амплитуда вынужденных колебаний?
- ✓ Что называется резонансом? От чего зависят резонансная частота и амплитуда?
- ✓ Как объяснить распространение колебаний в упругой среде? Что такое волна?
- ✓ Что называется поперечной волной? Продольной? Когда они возникают?
- ✓ Что такое волновой фронт? Волновая поверхность?
- ✓ Что называется длиной волны? Какова связь между длиной волны, скоростью распространения и периодом?
- ✓ Что такое волновое число?
- ✓ Что называют фазовой скоростью? Групповой скоростью?
- ✓ Какая волна является бегущей? гармонической? плоской? сферической?
- ✓ Каково уравнение плоской гармонической бегущей волны?

Задачи

1. Материальная точка массой 5 г совершает гармонические колебания с частотой 0,5 Гц. Амплитуда колебаний 3 см. Определить скорость, ускорение и силу, действующую на точку в момент, когда смещение $x = 1,5$ см.
2. Найти амплитуду, период, частоту и начальную фазу колебания, заданного уравнением $x = 5 \sin\left(\frac{39,2t + 5,2}{5}\right)$ см.
3. Точка совершает гармонические колебания. В некоторый момент времени t_1 смещение $x_1 = 5$ см. При увеличении фазы вдвое смещение точки стало $x_2 = 8$ см. Найти амплитуду колебаний.
4. Скорость упругих волн 4 м/с. Расстояние между двумя колеблющимися частицами среды с разностью фаз $\pi/4$ равно 5 см. Определить: а) частоту, б) период колебаний, в) длину волны.

Задачи для самостоятельного решения

5. Найти амплитуду, период, частоту, начальную фазу колебаний, а также получить выражения скорости, ускорения и механической энергии, если закон колебаний имеет вид $x = 5 \sin(9,42 \cdot t + 2,3)$ см.
6. Как изменится период колебаний маятника при переносе его с Земли на Луну.
7. Чему равен период колебания маятника, находящего в вагоне, движущемся горизонтально с ускорением a ?
8. Частота колебаний источника упругой волны равна 500 Гц. Волна распространяется в воздухе со скоростью 340 м/с. Вычислите: а) циклическую частоту, б) период, в) длину волны, г) волновое число. Запишите уравнение волны.

Занятие № 8

Тема: **Механика жидкостей и газов**

Задачи

1. Аквариум имеет форму куба со стороной $a = 60$ см. До какой высоты h следует налить в него воду, чтобы сила давления на боковую стенку была в 6 раз меньше, чем на дно? Атмосферное давление не учитывать.
2. В стакане плавает кусок льда. Как изменится уровень воды, когда лед растает? Изменится ли ответ, если во льду находится: а) кусочек пробки; б) стальная гайка?
3. В небольшом бассейне плавает лодка. Изменится ли (и как) уровень воды в бассейне, если лежащий на дне лодки камень бросить в воду?

4. В небольшом бассейне плавает полузатопленная лодка. Уровень воды в лодке такой же, как в бассейне. Из лодки зачерпнули ведро воды и вылили в бассейн. Где теперь выше уровень воды — в лодке или в бассейне? Как изменился уровень воды в бассейне?

Задачи для самостоятельного решения

5. Воздушный шар объемом $V = 300$ м³ парит вблизи поверхности Земли. С шара сбросили балласт, и шар поднялся на высоту, где плотность воздуха вдвое меньше. Какова масса Δm балласта, если объем шара при подъеме увеличился в 1,5 раза? Температуру воздуха считайте равной 00С.
6. Пластмассовый брусок плавает в воде. Как изменится глубина погружения бруска в воду, если поверх воды налить слой масла, полностью покрывающий брусок?
7. На рычажных весах уравновешен гириями сосуд с водой. Нарушится ли равновесие, если в воду погрузить подвешенный на нитке стальной брусок так, чтобы он не касался дна?

3 семестр

Занятие № 1

Тема: Основы молекулярно-кинетической теории

МКТ идеального газа

Вопросы

- ✓ Сформулировать основные утверждения МКТ.
- ✓ В чём суть модели идеального газа?
- ✓ Какими микропараметрами характеризуются молекулы?
- ✓ Как найти: атомную единицу массы, массу молекулы, молярную массу вещества?
- ✓ Что такое количество вещества?
- ✓ Что такое эффективный диаметр молекулы, и каково его значение по порядку величины?
- ✓ Что называют длиной свободного пробега молекул, и от чего она зависит?
- ✓ Что такое средняя арифметическая скорость молекулы, каково её значение по порядку величины?

Задачи

1. Определить среднюю длину свободного пробега молекул кислорода. Кислород находится в сосуде при температуре 27 °С и давлении 100 кПа.
2. Определить среднее число столкновений за 1 с, происходящих между всеми молекулами азота. Азот находится в сосуде ёмкостью 3 л при температуре 27 °С и давлении 100 кПа.

Задачи для самостоятельного решения

1. Определить среднюю длину свободного пробега молекул и число столкновений за 1 с, происходящих между всеми молекулами кислорода. Кислород находится в сосуде ёмкостью 2 л при температуре 27 °С и давлении 100 кПа.
2. Определить среднюю длину свободного пробега атомов гелия в условиях, когда плотность гелия равна $2,1 \cdot 10^{-2}$ кг/м³.
3. При какой температуре молекулы гелия обладают такой же средней арифметической скоростью, как молекулы водорода при температуре 288 К.
4. В сосуде ёмкостью 5 л содержится 40,0 г аргона. Определить среднее число соударений молекул в секунду при температуре 400 К.

Занятие № 2

МКТ идеального газа (продолжение)

Вопросы

- ✓ Что такое средняя квадратичная скорость молекулы, как она соотносится со средней арифметической?
- ✓ Что называют степенью свободы молекулы? Какие они бывают? Сколько их для молекул разной структуры?
- ✓ Как найти: среднюю кинетическую энергию одной молекулы, всех молекул вещества?

Задачи

8. В сосуде ёмкостью 4,0 л содержится некоторый газ массой 0,6 г под давлением $2,0 \cdot 10^5$ Па. Определить среднюю квадратичную скорость поступательного движения молекул.

9. Найти среднюю кинетическую энергию поступательного движения всех молекул, содержащихся в 0,20 г водяного пара при температуре 27 °С.
10. Чему равна средняя кинетическая энергия вращательного движения всех молекул, содержащихся в 2000 г водорода при температуре 400 К?

Задачи для самостоятельного решения

1. Сколько молекул содержится в 10 г некоторого газа, средняя квадратичная скорость молекул которого равна 480 м/с при температуре 23 °С ?
2. Давление идеального газа 10 мПа, концентрация молекул $2,0 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-3}$. Определить: среднюю кинетическую энергию поступательного движения одной молекулы; температуру газа.
3. Определить среднее значение полной кинетической энергии одной молекул аргона и водяного пара при температуре 500 К.

Занятие № 3

Статистические распределения молекул газа. Распределение Максвелла

Вопросы

- ✓ Каков характер движения молекул?
- ✓ Что такое функция Максвелла, каков её физический смысл?
- ✓ Изобразить график функции Максвелла.
- ✓ Каков смысл выражения «распределение молекул по скоростям»?
- ✓ Что такое наивероятнейшая скорость?
- ✓ Каково соотношение наивероятнейшей скорости со средней арифметической и средней квадратичной?
- ✓ Как экспериментально было подтверждено распределение Максвелла?

Задачи

1. Определить наивероятнейшую скорость молекул некоторого газа, если средняя квадратичная скорость его молекул равна 516 м/с. Какой это газ (молярная масса), если его температура 300 К ?
2. Определить наивероятнейшую скорость молекул одного грамма некоторого газа, если известно, что в этом газе при температуре 273 К содержится $1,8 \cdot 10^{22}$ молекул.

Задачи для самостоятельного решения

3. Определить наивероятнейшую скорость молекул некоторого газа массой 1 г, если известно, что в этом газе при температуре 273 К содержится $1,8 \cdot 10^{22}$ молекул.
4. Какую часть от общего числа молекул кислорода при нормальных условиях составляют молекулы, модули скоростей которых заключены в интервале от 100 м/с до 110 м/с?
5. Какой процент от общего числа молекул некоторого газа составляют молекулы, модули скоростей которых отличаются от средней квадратичной скорости не более, чем на 0,5 %.
6. При какой температуре число молекул азота, обладающих скоростями, модули которых заключены в интервале 299÷-301 м/с, станет равно числу молекул, обладающих скоростями в интервале 599÷601 м/с?

Занятие № 4

Статистические распределения молекул газа. Распределение Больцмана

Вопросы

- ✓ Что называют распределением Больцмана? Изобразить его графически.
- ✓ Каков вид барометрической формулы, как её получить?
- ✓ При каких условиях справедливы распределения Максвелла и Больцмана?
- ✓ Приведите примеры проявления распределения Больцмана или справедливость барометрической формулы.

Задачи

1. На поверхности Земли барометр показывает $1,013 \cdot 10^5$ Па. Каково его показание при подъеме на ТВ башню в Останкино высотой 533 м? Температуру воздуха считать постоянной и равной 280 К. Найти также концентрацию молекул воздуха на этой высоте.

2. На какой высоте давление атмосферного воздуха составляет 75 % от давления на уровне моря? Температуру воздуха считать постоянной и равной 0°C .

Задачи для самостоятельного решения

3. Определить отношение давления воздуха на дне шахты глубиной 2 км к давлению на высоте 2 км, принимая температуру воздуха одинаковой и равной 0°C .
4. Определить массу газа, находящегося в вертикальном цилиндрическом сосуде, площадь основания которого S , высота H . Считать известными температуру на уровне нижнего основания цилиндра, давление на этом уровне и молярную массу. Принять температуру и ускорение свободного падения не зависящими от высоты.

Занятие № 5

Тема: Основы термодинамики

Уравнение состояния идеального газа. Газовые законы

Вопросы

- ✓ Каков исторический аспект возникновения термодинамики?
- ✓ Что означает термин «термодинамическая система»?
- ✓ Что называют термодинамическим состоянием вещества? Какие состояния бывают?
- ✓ Что такое термодинамические параметры? Приведите примеры.
- ✓ Каково различие между внешними и внутренними термодинамическими параметрами?
- ✓ Как называют связь между термодинамическими параметрами в состоянии равновесия ТД системы?
- ✓ Для идеального газа приведите пример: термического уравнения состояния, калорического уравнения состояния.

Задачи

1. До какой температуры можно нагреть плотно закрытый сосуд, содержащий 36 г воды, чтобы он не разорвался, если стенки сосуда выдерживают давление $5 \cdot 10^6 \text{ Па}$? Емкость сосуда 5 л.
2. Какой объем занимает газ, находящийся под давлением 133 Па и при температуре 7°C , если в газе содержится $8,0 \cdot 10^{16}$ молекул?
3. В сосуде объемом 0,1 л содержится некоторый газ при температуре 27°C . На сколько понизится давление газа, если вследствие утечки газа из сосуда выйдет 10^{20} молекул?
4. В сосуде объемом 2 м^3 находится смесь 4 кг гелия и 2 кг кислорода при температуре 27°C . Определить давление и молярную массу смеси газов.

Задачи для самостоятельного решения

5. Давление некоторого газа при температуре 17°C равно $9,9 \cdot 10^4 \text{ Па}$, а его плотность – $8,2 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3$. Определить, какой это газ (молярную массу).
6. В баллоне емкостью $0,2 \text{ м}^3$ находится гелий под давлением $1 \cdot 10^7 \text{ Па}$ и при температуре 290 К. После подкачки гелия давление повысилось на $2 \cdot 10^7 \text{ Па}$, а температура - на 303 К. На сколько увеличилась масса гелия при подкачке?
7. Определить массу углекислого газа, протекающего в течение 10 мин со скоростью 0,9 м/с по трубе, площадь поперечного сечения которой 5 см^2 . Давление газа $3,9 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Температура 280 К.

Занятие № 6

Равновесные процессы, газовые законы

Вопросы

- ✓ Что такое термодинамический процесс, какие они бывают?
- ✓ При каком условии происходит: изотермический процесс, изобарный процесс, изохорный процесс?
- ✓ Как графически изобразить: равновесное состояние, равновесный процесс?
- ✓ Что такое «компонента смеси», «парциальное давление»?
- ✓ По какому закону можно определить давление смеси газов?
- ✓ Изобразить изопроцессы на координатных сетках (p, V) , (V, T) , (p, T) .

Задачи

1. Вывести из уравнения Менделеева – Клапейрона формулы для газовых законов: Авогадро, Дальтона, Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Шарля?
2. Газ сжат изотермически от объема $8 \cdot 10^{-3}$ Па до объема $6 \cdot 10^{-3}$ м³, при этом давление газа возросло на $4 \cdot 10^3$ Па. Каким было первоначальное давление газа?

Задачи для самостоятельного решения

3. Некоторую массу идеального газа сначала изобарно нагревают, затем изотермически сжимают, а затем изохорно понижают давление. Газ возвращается в исходное состояние. Изобразите эти процессы на координатных сетках: (V,p), (T,V) и (T,p).
4. В баллоне емкостью 0,80 м³ находится 200 г водорода и 290 г азота. Определить давление смеси, если температура окружающей среды 27 °С.
5. Определить плотность газовой смеси, состоящей из 8,0 г гелия и 4,0 г аргона при температуре 290 К и давлении $1,0 \cdot 10^5$ Па.

Занятие № 7

Первое начало ТД

Вопросы

- ✓ Что такое внутренняя энергия вещества?
- ✓ Сформулируйте первое начало термодинамики. Запишите его в интегральной и дифференциальной формах.
- ✓ В чем состоит способ изменения внутренней энергии путём: совершения работы, теплообмена?
- ✓ В чем сходство и различие понятий «количество теплоты», «работа».
- ✓ Показать, что 1 НТД выражает закон сохранения и превращения энергии.
- ✓ Как аналитически выразить работу в термодинамике? Как графически определить величину совершённой работы?
- ✓ Что называют теплоёмкостью вещества: молярной, удельной? В каких единицах они измеряются? Какова между ними связь?

Задачи

1. Определить конечную температуру, конечное давление азота и изменение внутренней энергии азота, содержащегося в закрытом сосуде емкостью 800 л под давлением $1,2 \cdot 10^5$ Па и температуре 20 °С, если азоту сообщено количество теплоты $1,84 \cdot 10^5$ Дж.
2. Водород занимает объем 10 м³ при давлении 0.1 МПа. Его нагрели при постоянном объеме до давления 0.3 МПа. Определить изменение внутренней энергии газа, работу, совершенную газом и теплоту, сообщенную газу.
3. Определить работу, совершённую идеальным газом при изотермическом расширении, если его давление уменьшилось от $12 \cdot 10^5$ Па до $2,0 \cdot 10^5$ Па и если в начале расширения газ занимал объём 2,0 м³.

Задачи для самостоятельного решения

4. Вычислить внутреннюю энергию двухатомного газа, содержащегося в сосуде объёмом 2 л под давлением 1,5 атм.
5. Водород, занимающий плотно закрытый сосуд объём 10 м³ под давлением 1 атм, нагрелся так, что давление увеличилось до 3 атм. Определить изменение внутренней энергии водорода и полученное им количество теплоты.
6. Один моль кислорода, находясь при температуре $3,0 \cdot 10^2$ К, изотермически расширился. Во сколько раз увеличился объём кислорода, если ему при расширении было сообщено количество теплоты, равное $1,7 \cdot 10^3$ Дж?

Занятие № 8

Применение первого начала ТД к изопроцессам

Вопросы

- ✓ Сформулировать 1НТД для изохорного процесса.
- ✓ Определить работу, количество теплоты и молярную теплоёмкость для изохорного процесса.

- ✓ Сформулировать 1НТД для изобарного процесса.
- ✓ Определить работу, количество теплоты и молярную теплоемкость для изобарного процесса.
- ✓ Сформулировать 1НТД для изотермического процесса.
- ✓ Определить работу, количество теплоты и молярную теплоемкость для изотермического процесса.
- ✓ Какой процесс называют адиабатным?
- ✓ Записать уравнения Пуассона в переменных (p, V) , (V, T) , (p, T) .
- ✓ Сформулировать 1НТД для адиабатического процесса.
- ✓ Определить работу, количество теплоты и молярную теплоемкость для адиабатического процесса.

Задачи

1. Кислород массой 160 г нагревают при постоянном давлении от 320 до 340 К. определить: количество теплоты, поглощенное газом; изменение внутренней энергии; работу расширения газа.
2. При изотермическом расширении одного моля водорода затрачена теплота 4кДж, при этом объем увеличился в пять раз. Определить: температуру протекания процесса; работу, совершенную водородом.
3. Найти работу и изменение внутренней энергии при адиабатном расширении 28 г азота, если его объем увеличился в два раза. Начальная температура азота 27 °С.
4. Углекислый газ, занимавший объём 5 л и находившийся при температуре 17 °С под давлением 2 атм, был изохорно нагрет, а затем, изобарно расширяясь, нагрелся ещё на 58 градусов. Изобразить указанные процессы в осях (p, V) , (V, T) и (p, T) . Вычислите работу газа при изобарном процессе.

Задачи для самостоятельного решения

5. Углекислый газ массой 88 г изобарно нагрет от 300 К до 350 К. Определить: количество теплоты, сообщенное газу; работу газа; изменение внутренней энергии.
6. Во сколько раз уменьшилось давление азота массой 10 г, который находится при температуре 17 °С, если при изотермическом расширении этот газ совершил работу 860 Дж?
7. Объем аргона, находящегося при давлении 80 кПа, увеличился от 1 до 2 л. На сколько изменится внутренняя энергия газа, если расширение производилось:
 - а) изобарно; б) адиабатно?
8. Определить коэффициент Пуассона азота массой 200 г, который занимал объём 830 см³, если при адиабатическом сжатии его температура увеличилась от 280 до 500 К, а давление стало равно 15,2 атм.

Занятие № 9

Темы: **Основы МКТ, основы термодинамики** (продолжение)

Контрольная работа

Вариант 1

1. Адиабатный процесс. Теплоемкость газа.
2. Определить отношение давления воздуха на дне шахты глубиной 2 км к давлению воздуха на высоте 2 км. Считать, что температура воздуха одинаковая и равна 0 °С.
3. Как изменится средняя кинетическая энергия теплового движения молекул идеального газа при уменьшении абсолютной температуры в 4 раза?

Вариант 2

1. Внутренняя энергия идеального газа. Способы изменения внутренней энергии. Первое начало термодинамики.
2. Давление некоторого газа при температуре 20 °С равно 9,9·10⁴ Па. Плотность газа 8,2·10² кг/м³. Определить, какой это газ (найти молярную массу).

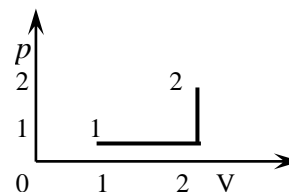
3. Объем идеального газа уменьшается на одно и то же значение в различных процессах: изотермическом, адиабатном, изобарном. В каком процессе работа газа максимальна, минимальна?

Вариант 3

1. Уравнение состояния идеального газа. Изотермический, изохорный и изобарный процессы.

2. Найти внутреннюю энергию 2-х атомного газа, находящегося в сосуде объемом 2 л при давлении $1,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

3. Состояние идеального газа изменилось в соответствии с графиком на рисунке (рис.). В состоянии 1 температура газа равна T_1 . Определить температуру газа в состоянии 2.

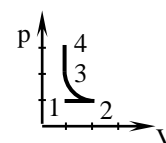


Вариант 4

1. Температура. Способы измерения температуры. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы.

2. Сколько степеней свободы имеет молекула, имеющая среднюю кинетическую энергию $9,7 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$ при температуре 280 К ?

3. На диаграмме $p - V$ (рис.) изображен график процесса, проведенного с газом (участок 2-3 - гипербола). Изобразить процесс на диаграмме $V - T$.

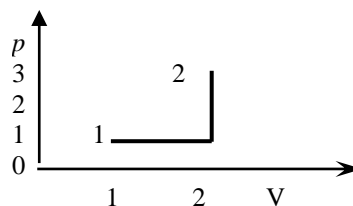


Вариант 5

1. Давление газа на стенки сосуда. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа.

2. Определить среднюю длину свободного пробега молекулы воздуха при нормальных условиях (температура $0 \text{ }^\circ\text{C}$ и давление 10^5 Па). Эффективный диаметр молекул воздуха принять равным $3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$.

3. Состояние идеального газа изменилось в соответствии с графиком на рисунке (рис.). В состоянии 1 внутренняя энергия газа равна U_1 . Определить внутреннюю энергию в состоянии 2.



Вариант 6

1. Основные положения молекулярно-кинетической теории и их подтверждения. Модель идеального газа.

2. Как изменилось давление идеального газа, если в данном объеме скорость каждой молекулы газа удвоилась, а концентрация молекул не изменилась?

3. Определить количество теплоты, сообщенное кислороду, который находится в закрытом баллоне емкостью 5 л, если при изохорном нагревании давление в баллоне возросло на 300 Па .

Занятие № 10

Второе начало ТД

Вопросы

- ✓ Обратимые и необратимые процессы. Приведите примеры.
- ✓ Что такое энтропия (термодинамическая трактовка)?
- ✓ В чем суть второго начала термодинамики и её отличие от первого начала?
- ✓ Дать различные формулировки второго начала термодинамики.
- ✓ Дать статистическую трактовку энтропии.
- ✓ Каковы границы применимости 2 начала термодинамики?

Задачи

1. Определить изменение энтропии 1 г азота в процессе сжатия от давления 1 атм до давления 1,5 атм. Начальная и конечная температуры равны, соответственно, 290 К и 340 К.
2. Водород массой 1 г подвергается сначала адиабатному сжатию до вдвое меньшего объема, а затем изохорному охлаждению до начальной температуры. Изобразить графически эти

процесс в осях (p, V) и (S, T) . Определить изменение энтропии водорода между начальным и конечным состояниями.

3. Один моль идеального газа совершает циклический процесс, состоящий из последовательных процессов изохорного нагревания, изобарного нагревания, изохорного охлаждения и изобарного охлаждения. В исходном состоянии температура равна 280 К, а в конце изохорного охлаждения – 360 К. В первом процессе давление возросло в 2 раза. Изобразить цикл в осях (p, T) и (p, V) . Вычислить работу, совершенную газом за весь цикл.

Задачи для самостоятельного решения

4. Определить изменение энтропии воздуха объёмом 1 м^3 при двукратном изотермическом увеличении объёма. До расширения воздух находился под давлением 1,96 атм и температуре 273 К.
5. Водород массой 100 г сначала изобарно нагрет так, что его объём увеличился втрое, а затем был изохорно охлажден так, что давление уменьшилось втрое. Определить суммарное изменение энтропии.
6. Изобразить графически в осях (T, S) осуществляемые с идеальным газом циклы, которые состоят из равновесных (обратимых) чередующихся процессов: 1) двух изохор и двух изотерм; 2) двух изобар и двух изотерм; 3) двух изохор и двух изобар; 4) двух изобар и двух адиабат.

Занятие № 11

Циклические процессы, цикл Карно

Вопросы

- ✓ Что такое круговой процесс, циклический процесс? Для чего они применяются?
- ✓ Принцип работы: тепловой машины, холодильной машины.
- ✓ Как записать первое начало термодинамики для цикла тепловой машины.
- ✓ Как по заданному графику цикла определить, является ли он циклом тепловой или холодильной машины?
- ✓ Опишите цикл Карно, изобразите его в осях (p, V) и (S, T) .
- ✓ Сформулируйте первую теорему Карно. Как её доказать?
- ✓ Сформулируйте вторую теорему Карно.
- ✓ Каково практическое значение теорем Карно?
- ✓ Из каких процессов состоит и как графически изобразить цикл Дизеля?

Задачи

1. Температура нагревателя тепловой машины 500 К. Температура холодильника 400 К. Определить: КПД тепловой машины, работающей по циклу Карно; полную мощность машины, если нагреватель каждую секунду передает ей 1675 Дж теплоты.
2. Изобразить идеальные (равновесные) циклы дизельного и карбюраторного двигателей внутреннего сгорания в осях (p, V) и (S, T) . Установить на каждом участке обоих циклов знаки величин ΔU , Q и A .

Задачи для самостоятельного решения

3. Рабочее вещество совершает цикл Карно. Изобразить цикл в переменных (p, V) и (S, T) . Температура нагревателя втрое выше температуры холодильника. Какую часть энергии, полученной веществом за цикл от нагревателя, оно отдаёт холодильнику?
4. Идеальная тепловая машина, работающая по циклу Карно, совершает работу за цикл 80 кДж. Температура нагревателя 373 К, а холодильника – 273 К. Определить: 1) количество теплоты, полученное рабочим веществом от нагревателя, 2) количество теплоты, переданное холодильнику, к.п.д. цикла.
5. Определить конечную температуру и конечное давление в конце сгорания топлива в карбюраторном двигателе, если объём камеры сгорания 10 см^3 , перед сгоранием давление рабочей смеси 5 атм, а температура 480 К. Масса топлива в рабочей смеси равна 0,9 г, удельная теплоёмкость продуктов сгорания равна $714 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$, молярная масса рабочей смеси $29,4 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}$, удельная теплота сгорания топлива $4,2 \cdot 10^7 \text{ Дж}/\text{кг}$.

Тема: **Агрегатные состояния вещества**

Тепловые свойства реальных газов

Вопросы

- ✓ При каких условиях возникают отклонения свойств реальных газов от законов идеальных газов, и в чем они состоят?
- ✓ Почему при малых давлениях реального газа произведение pV убывает, а при больших давлениях оно возрастает?
- ✓ Что собой представляет уравнение Ван-дер-Ваальса?
- ✓ Что такое «молекулярное давление», входящее в уравнение Ван-дер-Ваальса?
- ✓ Каков физический смысл поправок « a » и « b » в уравнении Ван-дер-Ваальса? От чего зависит поправка « b »?
- ✓ Какой вид имеют изотермы: Ван-дер-Ваальса, Эндрюса?
- ✓ Какой участок изотермы Ван-дер-Ваальса физически невозможен и почему?
- ✓ Что такое метастабильное состояние. Как называют эти состояния на изотермах Ван-дер-Ваальса?
- ✓ Как меняется вид изотерм реального газа, полученных при разных его температурах, и почему?
- ✓ Чему равна внутренняя энергия реального газа?

Задачи

1. Какую часть давления кислорода на стенки сосуда составляет молекулярное (внутреннее) давление, обусловленное силами притяжения молекул, если объём сосуда с кислородом 8 л, масса кислорода 300 г, температура 300 К? Какую часть объёма сосуда составляет собственный объём молекул кислорода?
2. Вычислите температуру, при которой давление реального кислорода, имеющего плотность 100 г/л, равно 70 атм. Сравните с температурой «идеального» кислорода. Постоянные Ван-дер-Ваальса « a » и « b » равны, соответственно, $0,135 \text{ Н}\cdot\text{м}^4/\text{моль}^2$ и $3\cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$.
3. Реальный водород в количестве 1 моль расширяется изотермически при температуре 300 К, при этом объём сосуда увеличился от 1,5 л до 15 л. Определить совершённую водородом работу, если постоянные Ван-дер-Ваальса « a » и « b » равны, соответственно, $0,024 \text{ Н}\cdot\text{м}^4/\text{моль}^2$ и $26\cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$.
4. Определить изменение энтропии 10 г реального углекислого газа при обратимом изотермическом расширении от 1 л до 5 л. Постоянные Ван-дер-Ваальса « a » и « b » равны, соответственно, $0,36 \text{ Н}\cdot\text{м}^4/\text{моль}^2$ и $4,3\cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$.

Задачи для самостоятельного решения

1. В баллоне емкостью 20 л находится 80 молей некоторого газа. При 14°C давление газа равно 90 атм, а при 63°C давление увеличилось до 109 ат. Вычислите постоянные Ван-дер-Ваальса для этого газа.
2. В сосуде объёмом $0,2 \text{ м}^3$ находится 300 моль водорода при нормальном давлении. Считая газ реальным, определить, во сколько раз надо увеличить его температуру, чтобы давление увеличилось втрое?
3. Вычислите давление реального кислорода массой 1,1 кг, находящегося в баллоне 20 л при температуре 13°C . Сравните результат, считая газ идеальным.
4. Водород в количестве 1 моль занимает объём 1 л при температуре 300 К. Вычислите давление аргона: а) считая аргон идеальным газом; б) считая аргон реальным газом с силами внутреннего притяжения молекул, но пренебрегая их собственным объёмом; в) считая аргон реальным газом с собственным объёмом молекул, но пренебрегая силами внутреннего притяжения молекул; г) считая аргон реальным газом.
5. Аргон в количестве 1 кмоль расширяется изотермически при температуре 300 К от 1 м^3 до 5 м^3 . Считая его «ван-дер-ваальсовым», определить: 1) совершенную работу, 2) изменение внутренней энергии, 3) сообщенное количество теплоты.

Тепловые свойства реальных жидкостей

Вопросы

- ✓ Каковы современные представления о свойствах жидкостей?
- ✓ Что такое «ближний порядок», «дальний» порядок», и в каких агрегатных состояниях вещества они реализуются?
- ✓ Почему поверхность жидкости обладает избыточной энергией по сравнению с энергией внутри её объема?
- ✓ Как объяснить поверхностное натяжение жидкости? Примеры его проявления.
- ✓ Что называют удельной свободной энергией поверхности жидкости?
- ✓ Что такое коэффициент поверхностного натяжения?
- ✓ Что такое лапласовское давление? Формула Лапласа (вывод).
- ✓ Как объяснить капиллярные явления?
- ✓ Отчего зависит высота подъёма или опускания жидкости по капилляру?

Задачи

1. На сколько нагреется капля ртути, полученная при слиянии двух капелек радиусом 10^{-3} м³ каждая? Плотность, удельная теплоёмкость и коэффициент поверхностного натяжения ртути равны, соответственно 13600 кг/м³, 136 Дж/(кг·К) и 0,513 Н/м.
2. Фитиль поднимает воду на высоту 80 см. На какую высоту по тому же фитилю поднимется керосин? Коэффициент поверхностного натяжения и плотность равны, соответственно, для воды 72,75 мН/м и 1000 кг/м³, для керосина 24 мН/м и 800 кг/м³.
3. Горячая вода с температурой 87 °С массой 1 кг отдает теплоту холодной воде такой же массы, температура которой 17 °С. Их температуры становятся одинаковыми. Показать, что энтропия при этом увеличивается.

Задачи для самостоятельного решения

4. Какую работу надо совершить, чтобы выдуть мыльный пузырь диаметром 14 см, если этот процесс считать изотермическим? Коэффициент поверхностного натяжения мыльной пленки равен 0,045 Н/м.
5. Какую работу необходимо совершить, чтобы каплю масла массой 1 г изотермически раздробить внутри воды на капельки диаметром по 2 мкм? Коэффициент поверхностного натяжения на границе «вода – масло» равен 18 мН/м, плотность масла – 900 кг/м³.
6. В спирт на небольшую глубину опущена капиллярная трубка, внутренний диаметр канала которой 0,5 мм. Определить вес спирта, поднявшегося по каналу, если коэффициент поверхностного натяжения равен 0,022 Н/м.
7. Сливки, плотность которых 993,9 Н/м, находятся в U-образной капиллярной трубке. Разность уровней в коленах равна 20 мм. Диаметры каналов в коленах трубки равны 2 мм и 4 мм. Определить коэффициент поверхностного натяжения сливок.

Занятие № 14

Тепловые свойства твёрдых тел

- ✓ Каковы особенности кристаллических тел?
- ✓ Чем отличаются монокристаллы от поликристаллов?
- ✓ Что такое кристаллическая решетка? Каковы основные её типы (сингонии)?
- ✓ Каков характер движения частиц в узлах кристаллической решетки?
- ✓ С помощью МКТ объяснить механизм теплового расширения твердых тел.
- ✓ Как вычислить внутреннюю энергию одного моля вещества в кристаллическом состоянии?
- ✓ Получить выражение для теплоёмкости кристаллов (в классическом приближении).
- ✓ Каковы затруднения классической физики в объяснении температурной зависимости теплоёмкости твердых тел?
- ✓ Какие тела называют аморфными, и каковы их свойства?
- ✓ Что такое «жидкий кристалл»?

Задачи

1. Пользуясь законом Дюлонга и Пти, найти, из какого материала изготовлен металлический цилиндр весом 0,245 Н. Известно, что для его нагревания на 20 К потребовалось количество теплоты 117 Дж.
2. Часы с латунным маятником идут правильно при температуре 273 К. На сколько отстанут часы за сутки, если температура повысится до 293 К? Коэффициент линейного расширения латуни равен $19 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

Задачи для самостоятельного решения

3. При температуре 273 К длина цинкового стержня равна 200 мм, а медного 201 мм. Поперечные размеры стержней одинаковые. При какой температуре одинаковы: 1) длины стержней; 2) объёмы стержней? Коэффициент линейного теплового расширения цинка $29 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, меди – $17 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.
4. Пользуясь законом Дюлонга и Пти, найти, во сколько раз удельная теплоёмкость алюминия больше удельной теплоемкости платины.
5. Свинцовая пуля, летящая со скоростью 400 м/с, ударяется о стенку и входит в неё. Считая, что 10 % кинетической энергии пули идёт на её нагревание, определить, на сколько нагрелась пуля. Указание: удельную теплоемкость свинца определить, воспользовавшись законом Дюлонга и Пти.

Занятие № 15

Тема: **Фазовые переходы**

Вопросы

- ✓ Что называют: фазой вещества, фазовым переходом? Назовите фазовые переходы.
- ✓ Каковы условия равновесия на границе «жидкость – твердое тело»?
- ✓ Что такое: температура плавления, скрытая теплота плавления?
- ✓ Почему удельная теплота парообразования зависит от температуры жидкости?
- ✓ Что происходит с внутренней энергией и энтропией жидкости при испарении?
- ✓ Каково отличие испарения от кипения?
- ✓ Что такое насыщенных пар, и как определить его давление?
- ✓ Что такое: влажность воздуха, точка росы?
- ✓ Что особой представляет уравнение Клапейрона – Клаузиуса?
- ✓ Какой вид имеет диаграмма равновесия кристаллической, жидкой и газовой фаз?
- ✓ Что такое тройная точка? Примеры.
- ✓ Чем отличаются фазовые переходы первого рода от фазовых переходов второго рода.
- ✓ Что такое: критическое состояние вещества, критическая температура?
- ✓ Каково практическое и научное значение сжижения газа и получения низких температур?

Задачи

1. Определить плотность водяного пара в критическом состоянии, если ван-дер-ваальсова постоянная «b» для него равна $3 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$.
2. Определить эффективный диаметр молекулы азота, если критическое давление и критическая температура равны, соответственно, 33,5 атм и 420,1 К.
3. Относительная влажность воздуха при температуре 302 К равна 70 %, а давление насыщенного водяного пара 3,996 кПа. Определить плотность воздуха в этих условиях и точку росы.
4. Определить изменение температуры плавления льда при увеличении внешнего давления на 1 атм, если известно, что при плавлении 1 кмоль льда изменение энтропии равно 22,2 кДж/К. Плотность воды и льда равны, соответственно, 1000 кг/м^3 и 900 кг/м^3 .
5. Определить изменение энтропии 10 г льда при превращении его в водяной пар при температуре 373 К. Теплоёмкость льда считать не зависящей от температуры. Начальная температура льда равна 253 К Температуру плавления льда принять равной 273 К.

Задачи для самостоятельного решения

6. Сколько эфира должно быть налито в ампулу объёмом $28,5 \text{ см}^3$, чтобы при нагревании наблюдать критическое состояние? Критическое давление равно 35,6 атм, критическая температура – 466,8 К, молярная масса – $74 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$.

7. В комнате объёмом 120 м^3 при температуре $20 \text{ }^\circ\text{C}$ относительная влажность воздуха равна 60% . Определить массу водяных паров в комнате. Плотность насыщенного водяного пара при этой температуре равна 23 г/м^3 .
8. Определить абсолютную и относительную влажность воздуха в помещении, если известно, что температура равна 289 К , а точка росы 279 К .
9. Определить изменение энтропии при превращении 1 кг пара, находившегося при температуре 573 К , в воду и последующем охлаждении воды до температуры 293 К .
10. Мартеновская печь работает на природном газе. Сколько газа надо израсходовать для выплавки 50 т стали, если к.п.д. печи 40% ? Начальная температура стали $20 \text{ }^\circ\text{C}$, её удельная теплоёмкость $460 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$, удельная теплота плавления $2,7\cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$, температура плавления $1500 \text{ }^\circ\text{C}$, удельная теплота сгорания газа $4,4\cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$.

Занятие № 16

Тема: Явления переноса

Вопросы

- ✓ Какие существуют явления переноса?
- ✓ Какова причина: диффузии, внутреннего трения, теплопроводности?
- ✓ От чего зависят коэффициенты диффузии, вязкости, теплопроводности?
- ✓ Какова связь между этими коэффициентами и чем она обусловлена?
- ✓ Куда направлены векторы плотности потока массы молекул, плотности потока импульса молекул, плотности потока теплоты (энергии)?
- ✓ Как направлены векторы градиента плотности, градиента скорости дрейфа слоёв вещества, градиента температуры слоёв вещества?

Задачи

1. Определите массу азота, прошедшего вследствие диффузии через поверхность площадью 10^{-2} м^2 за 10 секунд, если в направлении, перпендикулярном этой поверхности, градиент плотности равен $1,26 \text{ кг/м}^4$. Температура азота 300 К . Средняя длина свободного пробега молекул азота равна 10^{-7} м , а эффективный диаметр $3,1\cdot 10^{-10} \text{ м}$.
2. В условиях предыдущей задачи вычислить коэффициент внутреннего трения азота.
3. Чему равен коэффициент теплопроводности двухатомного газа, находящегося в сосуде объёмом 2 л и содержащего $4\cdot 10^{22}$ молекул, если коэффициент диффузии этого газа равен $2\cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$?

Задачи для самостоятельного решения

4. Определить коэффициент диффузии кислорода при температуре $50 \text{ }^\circ\text{C}$, если при нормальных условиях он равен $14,2\cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$. Считать, что нагревание произошло при неизменном объёме сосуда с кислородом.
5. Кислород и углекислый газ имеют одинаковую температуру и давление. Считая эффективные диаметры молекул этих газов одинаковыми, определить отношения: 1) коэффициентов диффузии; 2) коэффициентов внутреннего трения; 3) коэффициентов теплопроводности.
6. Какое количество теплоты теряется ежеминутно через окно за счёт теплопроводности воздуха между рамами, если площадь окна 4 м^2 , расстояние между рамами 3 см ? Температура в помещении $20 \text{ }^\circ\text{C}$, а снаружи $-10 \text{ }^\circ\text{C}$. Давление нормальное.

4 семестр

Занятие № 1

Тема: Электростатическое поле в вакууме

Электрический заряд и его свойства

Вопросы

- ✓ Электрический заряд, элементарный заряд.
- ✓ Свойство кратности электрического заряда.
- ✓ Закон сохранения электрического заряда.

- ✓ Плотность заряда.
- ✓ Закон Кулона и границы его применимости.

Задачи

1. Два точечных заряда -10 нКл и 15 нКл расположены на расстоянии 10 см друг от друга. Определите силу, действующую на заряд 1 нКл, помещенный на расстоянии 2 см от второго заряда на продолжении прямой, соединяющей первый и второй заряды.
2. Тонкий стержень длиной 10 см равномерно заряжен зарядом $1,0 \cdot 10^{-7}$ Кл. Найти силу, действующую на точечный заряд 2 нКл, расположенный на продолжении стержня в 20 см от его конца.
3. Кольцо радиусом 4 см равномерно заряжено с линейной плотностью заряда $3,0 \cdot 10^{-7}$ Кл/м. Найдите силу, действующую на пылинку с зарядом $3,0 \cdot 10^{-9}$ Кл, находящуюся на расстоянии 5 см на перпендикуляре, восстановленном из центра кольца.

Задачи для самостоятельного решения

4. Два заряда 11 нКл и -4 нКл находятся на расстоянии 5 см друг от друга. Определите вектор силы, действующей на заряд 2 нКл, который находится в точке, отстоящей от первого и второго зарядов соответственно на расстоянии 3 см и 4 см.
5. Два одинаковых маленьких шарика массами по $0,1$ г каждый подвешены на шелковых нитях так, что их поверхности соприкасаются. После сообщения шарикам электрического заряда они оттолкнулись, и их центры разошлись на 6 см. Определите заряд каждого шарика, если длина нити 30 см.
6. Тонкое полукольцо радиуса 10 см несет равномерно распределенный заряд с линейной плотностью $1,0 \cdot 10^{-6}$ Кл/м. В центре полукольца находится точечный заряд $2 \cdot 10^{-8}$ Кл. Найдите силу взаимодействия точечного заряда и заряженного полукольца.
7. Две одинаковые круглые пластины площадью 100 см² каждая расположены параллельно друг другу. Заряд одной пластины $-6,7 \cdot 10^{-8}$ Кл, другой – $6,7 \cdot 10^{-8}$ Кл. Определите силу взаимного притяжения пластин, если расстояние между ними 1 см, 10 м.

Занятие № 2

Напряжённость электрического поля

Вопросы:

- ✓ Напряженность электростатического поля.
- ✓ Напряженность поля точечного заряда.
- ✓ Изображение электрического поля с помощью линий напряжённости.
- ✓ Расчет напряженности поля протяженного заряда по Остроградского – Гаусса.

Задачи:

1. В вершинах правильного треугольника со сторонами, равными 10 см каждая, лежат заряды $2,2 \cdot 10^{-8}$ Кл, $-1,0 \cdot 10^{-8}$ Кл. Определите напряженность в третьей вершине треугольника.
2. По объему шара, радиус которого 10 см, равномерно распределен заряд с объемной плотностью $8,85 \cdot 10^{-6}$ Кл/м³. Определите вектор напряженности в точках, находящихся на расстоянии 30 мм, 10 см (на поверхности) и 15 см от центра шара.
3. Тонкая проволока длиной 10 см равномерно заряжена зарядом $3,3 \cdot 10^{-8}$ Кл. Определите напряженность электрического поля на оси проволоки на расстоянии 10 см от ее конца, 10 м от ее конца.

Задачи для самостоятельного решения

4. Расстояние между двумя точечными зарядами $2,7 \cdot 10^{-8}$ Кл и $-1,5 \cdot 10^{-8}$ Кл равно 5 см. Определите вектор напряженности в точке, удаленной от первого заряда на 4 см, а от второго на 3 см.
5. Три плоскопараллельные тонкие пластины, расположенные на малом расстоянии друг от друга, равномерно заряжены с поверхностной плотностью зарядов $3,0 \cdot 10^{-8}$ Кл/м², $-5,0 \cdot 10^{-8}$ Кл/м² и $8,0 \cdot 10^{-8}$ Кл/м². Найти вектор напряженности поля в точках, лежащих между пластинами и слева и справа от пластин. ($-3,4 \cdot 10^3$ В/м, 0 В/м, $-5,6 \cdot 10^3$ В/м, $3,4 \cdot 10^3$ В/м)

6. Металлическому шару сообщен заряд $1,0 \text{ мкКл}$. Определите напряженность поля вне шара на расстоянии 10 см от его поверхности, на поверхности шара, в центре шара. Радиус шара 10 см .
7. Маленький шарик, имеющий заряд $1,0 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$, находится на расстоянии $3,0 \text{ см}$ от плоской металлической стенки, соединенной с Землей. С какой силой они взаимодействуют? ($2,5 \cdot 10^{-4} \text{ Н}$)

Занятие № 3

Потенциальный характер электростатического поля

Вопросы:

- ✓ Работа ЭП по перемещению заряда.
- ✓ Понятие потенциала электростатического поля.
- ✓ Расчет потенциала поля системы зарядов.
- ✓ Расчет потенциала поля протяженного заряда.
- ✓ Связь разности потенциалов и напряжённости.

Задачи:

1. Определите работу, которую необходимо совершить, чтобы увеличить расстояние между двумя одинаковыми пластинами площадью 200 см^2 на $3,0 \text{ см}$. Заряды пластин $2,0 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$ и $-2,0 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$.
2. Два заряда $4,0 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$ и $-6,0 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$ находятся на расстоянии 10 см друг от друга. Найдите потенциал той точки поля, где напряженность равна нулю.
3. Две равномерно заряженные концентрические сферы, радиусы которых $1,0 \text{ см}$ и $2,0 \text{ см}$, имеют заряды $1,0 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ и $-2,0 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ соответственно. Определите потенциалы точек поля на расстоянии $0,5 \text{ см}$, $1,5 \text{ см}$ и $3,0 \text{ см}$ от центра сфер. Начертите график зависимости потенциала от расстояния.
4. Две круглые металлические пластины радиусом 10 см каждая расположены параллельно друг другу. Расстояние между пластинами $1,0 \text{ см}$, сила притяжения $9,8 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$. Определите разность потенциалов между пластинами.
5. Три одинаковые пластины большой площади расположены параллельно друг другу на расстоянии $1,0 \text{ мм}$ одна от другой. Заряды на пластинах распределены равномерно с поверхностными плотностями соответственно $2,0 \cdot 10^{-6} \text{ Кл/м}^2$, $4,0 \cdot 10^{-6} \text{ Кл/м}^2$ и $-6,0 \cdot 10^{-6} \text{ Кл/м}^2$. Определить разности потенциалов между пластинами и напряженности соответствующий поля.
6. Электрон вылетает из точки, потенциал которой равен 600 В , со скоростью $1,2 \cdot 10^7 \text{ м/с}$. Определите потенциал точки, дойдя до которой электрон остановится.

Задачи для самостоятельного решения

7. Положительные заряды $3,0 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}$ и $6,0 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$ находятся в вакууме на расстоянии 3 м друг от друга. Какую работу необходимо совершить, чтобы сблизить заряды до расстояния $0,5 \text{ м}$? ($2,7 \text{ Дж}$).
8. Кольцо радиусом $5,0 \text{ см}$ из тонкой проволоки равномерно заряжено зарядом $1,6 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$. Определите потенциал поля в центре кольца и в точке на оси кольца, отстоящей на 10 см от его плоскости. Определите напряженность электрического поля в этих точках. ($2,9 \cdot 10^3 \text{ В}$, $1,3 \cdot 10^3 \text{ В}$).
9. Заряженная пылинка находится в равновесии между пластинами плоского конденсатора. Масса пылинки $1,0 \cdot 10^{-12} \text{ г}$. Определите заряд пылинки, если расстояние между пластинами $1,0 \text{ см}$ и разность потенциалов 612 В . ($1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$).
10. Заряженная частица прошла ускоряющую разность потенциала и приобрела скорость $1,0 \cdot 10^7 \text{ м/с}$. Определите отношение заряда к массе этой частицы. ($5,0 \cdot 10^7 \text{ Кл/кг}$).
11. Подсчитать скорость, кинетическую энергию и время движения электрона от катода к аноду электронной лампы, работающей при анодном напряжении 14 кВ . Расстояние от катода до анода $3,5 \text{ см}$. Скорость электрона при выходе из катода можно считать равной нулю. ($7,0 \cdot 10^7 \text{ м/с}$, $2,2 \cdot 10^{-15} \text{ Дж}$, $1,0 \text{ нс}$).

12. Электрон влетает в пространство между пластинами плоского конденсатора со скоростью $6,5 \cdot 10^7$ м/с, направленной параллельно пластинам. Длина пластин 10,0 см, расстояние между ними 1,0 см. К пластинам конденсатора приложено напряжение 100 В. Определите смещение электрона в конденсаторе. ($2,1 \cdot 10^{-3}$ м)

Занятие № 4

Тема: Электростатическое поле в веществе

Проводники и диэлектрики в электростатическом поле

Вопросы:

- ✓ Электростатическое поле в проводнике. Электростатическая индукция.
- ✓ Электростатическая защита.
- ✓ Электростатическое поле в диэлектрике. Электрическое смещение.
- ✓ Электрическое поле на границе раздела двух диэлектриков.
- ✓ Сегнетоэлектричество.

Задачи:

1. Два точечных заряда, помещенные в жидкую непроводящую среду на расстоянии 100 мм друг от друга, отталкиваются с той же силой, с какой отталкиваются в воздухе на расстоянии 142 мм. Определите относительную диэлектрическую проницаемость среды.
2. Точечный заряд $1,6 \cdot 10^{-9}$ Кл находится на расстоянии 3,0 см от металлической стенки, соединенной с Землей. Найдите поверхностную плотность наведенного заряда на стенке:
 - в точке, находящейся на расстоянии 5,0 см от заряда;
 - в ближайшей к заряду точке.
 - определите величину заряда, наведенного на поверхности стенки.
3. Металлическому шару радиусом 6,0 см сообщен заряд 2,0 мкКл. Найдите потенциал электростатического поля в центре шара, на расстоянии 4 см от его центра, на поверхности и на расстоянии 1 м от центра шара.
4. Плоский конденсатор, заполненный слюдой, заряжен до разности потенциалов 600 В. Найдите электрическую восприимчивость слюды и значение векторов поляризации и индукции. Расстояние между обкладками конденсатора 0,2 см.
5. В керосине на глубине 3,0 см от свободной поверхности находится точечный заряд $1,7 \cdot 10^{-8}$ Кл. Определите плотность поляризационных зарядов на поверхности над зарядом и на расстоянии 5,0 см от заряда; общую величину поляризационного заряда на поверхности керосина.

Задачи для самостоятельного решения

6. Металлическому шару радиусом 6,0 см сообщили заряд, равный $1,0 \cdot 10^{-8}$ Кл, и соединили его тонкой проволокой с шаром, радиус которого 4,0 см. Определите заряд и потенциал каждого шара.
7. Сравните работу, совершаемую при удалении одного из точечных зарядов $5,0 \cdot 10^{-8}$ Кл и $-5,0 \cdot 10^{-8}$ Кл, находящихся на расстоянии 2,0 см друг от друга, в бесконечность, и работу, совершаемую при удалении в бесконечность заряда $5,0 \cdot 10^{-8}$ Кл, находящегося на том же расстоянии от заземленной проводящей стенки.
8. Точечный заряд $2,0 \cdot 10^{-9}$ Кл расположен на расстоянии 5,0 см от проводящей заземленной стенки. Определите напряженность электрического поля в точке, отстоящей от заряда и от стенки на 5,0 см.
9. Заряд $3,0 \cdot 10^{-8}$ Кл находится в центре парафинового шара диаметром 6,0 см. Определите плотность поляризационных зарядов на поверхности шара.
10. У поверхности фарфора напряженность поля в воздухе $2,0 \cdot 10^4$ В/м. Направление вектора напряженности образует с нормалью угол 40° . Определите угол между напряженностью поля и нормалью в фарфоре; напряженность поля в фарфоре; плотность поляризационных зарядов, возникающих на границе фарфор-воздух.
11. Металлический шар радиусом 10,0 см окружен диэлектриком с $\epsilon = 6$ толщиной 5,0 см. Определите потенциал и напряженность поля в точках, лежащих на расстоянии 5,0 см; 12,0 см и 20,0 см от центра шара. Заряд шара равен $3,2 \cdot 10^{-8}$ Кл.

12. Между электродами плоского конденсатора, отстоящими на расстояние 2 мм, помещена стеклянная пластинка толщиной 1,2 мм. К электродам приложена разность потенциалов 200 В. Определите напряженность электрического поля в воздушном зазоре конденсатора.

Занятие № 5

Электрическая ёмкость. Энергия электрического поля

Вопросы:

- ✓ Понятие электрической ёмкости.
- ✓ Электрическая ёмкость плоского конденсатора.
- ✓ Электрическая ёмкость сферического конденсатора.
- ✓ Электрическая ёмкость батареи конденсаторов при их последовательном соединении.
- ✓ Электрическая ёмкость батареи конденсаторов при их параллельном соединении.
- ✓ Энергия конденсатора.
- ✓ Энергия электрического поля.

Задачи:

1. Две концентрические металлические сферы радиусом 2,0 см и 2,1 см образуют сферический конденсатор. Определите его ёмкость, если пространство между сферами заполнено парафином.
2. Ёмкость воздушного плоского конденсатора равна 430 пФ. Расстояние между пластинами 5,0 мм. Какова будет ёмкость конденсатора, если на нижнюю пластину положить лист эбонита толщиной 3,0 мм?
3. Два конденсатора ёмкостью 3,0 мкФ и 6,0 мкФ соединили между собой и присоединили к батарее с ЭДС 120 В. Определите заряд каждого конденсатора и разность потенциалов между его обкладками, если конденсаторы соединены: 1) параллельно; 2) последовательно.
4. Плоский воздушный конденсатор с площадью обкладок 200 см² каждая и расстоянием между ними 5,0 см заряжается до разности потенциалов 600 В и отключается от источника тока. Как изменяются ёмкость и энергия конденсатора, если в пространство между обкладками параллельно им ввести металлическую пластину такой же площади и толщины 2,0 мм?

Задачи для самостоятельного решения

5. Определите ёмкость цилиндрического конденсатора со стеклянным диэлектриком, если высота конденсатора 20,0 см, радиус внутренней обкладки 7,40 см, а внешней – 7,63 см. (2,54 нФ).
6. На систему конденсаторов подана разность потенциалов 200 В. Заряд, сообщенный системе, оказался равным $6,0 \cdot 10^{-4}$ Кл. Ёмкости первого и второго конденсаторов 4,0 мкФ и 8,0 мкФ. Определите ёмкость третьего конденсатора и энергию каждого из конденсаторов.
7. Три конденсатора с ёмкостями 2,0 мкФ, 2,0 мкФ и 4,0 мкФ и допустимыми напряжениями соответственно 1000 В, 450 В и 250 В. При каком соединении конденсаторов можно получить наибольшее допустимое напряжение батареи?
8. Определить, какую работу нужно совершить, чтобы слюдяную пластинку толщиной 0,5 мм и площадью 150 см² вынуть из плоского конденсатора, заряженного до 220 В и отключенного от источника напряжения, если слюдяная пластинка полностью заполняет пространство между обкладками.
9. Металлический шар радиусом 3,0 см несет заряд $2,0 \cdot 10^{-8}$ Кл. Шар окружен слоем парафина толщиной 2,0 см. Определить энергию поля, заключенного в слое парафина.

Занятие № 6

Тема: Постоянный электрический ток

Закон Ома

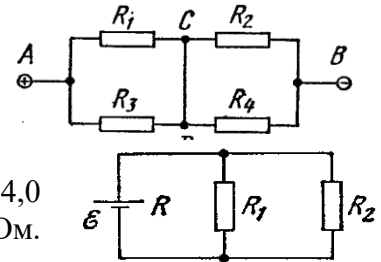
Вопросы:

- ✓ Однородный и неоднородный участок цепи.
- ✓ Сила тока, плотность тока.
- ✓ Понятие электросопротивления и удельного электросопротивления.

- ✓ Зависимость электросопротивления проводника от температуры.
- ✓ Электросопротивление батареи резисторов при их последовательном соединении.
- ✓ Электросопротивление батареи резисторов при их параллельном соединении.
- ✓ ЭДС, сторонние силы.
- ✓ Закон Ома.
- ✓ Правила Кирхгофа.

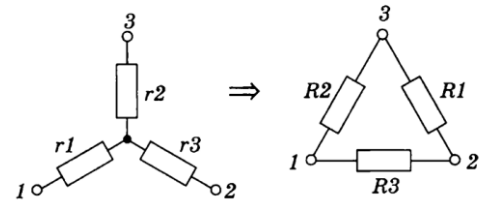
Задачи

1. Определить плотность тока, текущего по проводнику длиной 5 м , если на концах его поддерживается разность потенциалов 2 В . Удельное сопротивление материала проводника равно 2 мкОм/м .
2. Температура вольфрамовой нити электролампы $2000\text{ }^\circ\text{C}$, диаметр сечения равен $0,02\text{ мм}$, сила протекающего тока 4 А . Определить напряженность электрического поля нити.
3. Между точками А и В в электрической цепи поддерживают постоянное напряжение 25 В . Найдите значение и направление тока в участке CD, если сопротивления резисторов равны соответственно $1,0\text{ Ом}$, $2,0\text{ Ом}$, $3,0\text{ Ом}$ и $4,0\text{ Ом}$.
4. В схеме ЭДС источника тока $5,0\text{ В}$, сопротивления резисторов $4,0\text{ Ом}$ и $6,0\text{ Ом}$. Внутреннее сопротивление источника тока $0,1\text{ Ом}$. Найдите токи, текущие через первое и второе сопротивления.



Задачи для самостоятельного решения

1. Какими должны быть сопротивления r_1 , r_2 и r_3 , чтобы «звезду», составленную из них (рис.), можно было бы включить вместо «треугольника», составленного из сопротивлений R_1 , R_2 и R_3 ?
2. Два одинаковых источника тока соединены в одном случае последовательно, в другом – параллельно. В обоих случаях они замкнуты на внешнее сопротивление 1 Ом . Найти внутреннее сопротивление каждого источника тока, когда сила тока во внешней цепи в обоих случаях одинакова.
3. При подключении вольтметра с сопротивлением 200 Ом непосредственно к зажимам источника он показывает напряжение 20 В . Если же этот источник замкнуть на резистор сопротивлением 8 Ом , то ток в цепи становится равным $0,5\text{ А}$. Найти: э.д.с. и внутреннее сопротивление источника.
4. Внутреннее сопротивление аккумулятора 1 Ом , к.п.д. аккумулятора равен 80% при силе тока 2 А . Определить э.д.с. аккумулятора.
5. Источник тока с э.д.с. 12 В и внутренним сопротивлением $0,5\text{ Ом}$ соединен с реостатом. Напряжение на зажимах источника равно 10 В . Какова длина медной проволоки реостата, если ее сечение 1 мм^2 ? Удельное сопротивление меди $1,68 \cdot 10^{-8}\text{ Ом/м}$.



Занятие № 7

Тема: **Постоянный электрический ток**

Мощность цепи постоянного тока, закон Джоуля – Ленца

Вопросы:

- ✓ Работа тока.
- ✓ Мощность тока (полная, полезная, потерь).
- ✓ КПД источника тока.
- ✓ Режимы холостого хода, согласованной нагрузки коротки замыкания в замкнутой цепи.
- ✓ Закон Джоуля – Ленца

Задачи

1. ЭДС источника тока 2 В , его внутреннее сопротивление 1 Ом . Каков ток в цепи, если на нагрузке выделяется мощность $0,75\text{ Вт}$?

2. Можно ли две лампы накаливания мощностью 40 Вт и 60 Вт, рассчитанные на напряжение 110 В, включить в сеть с напряжением 220 В, соединив их последовательно?
3. Аккумулятор с ЭДС 2,6 В, замкнутый на внешнее сопротивление, дает ток 1,0 А. При этом разность потенциалов между полюсами аккумулятора равна 2 В. Найдите тепловую мощность, выделяемую в аккумуляторе, полную мощность источника, полезную мощность.
4. Источник с внутренним сопротивлением r и ЭДС ε замкнут на три резистора сопротивлением $R = 3r$, соединенные последовательно. Во сколько раз изменится сила тока в цепи, напряжение на зажимах источника и полезная мощность, если резисторы соединить параллельно?
5. При подключении к батарее резистора на нем выделяется мощность 12 Вт. При этом КПД системы, состоящей из батареи и резистора, оказался равным 0,5. Найдите КПД системы при подключении к батарее другого резистора, на котором выделяется мощность 9 Вт.

Задачи для самостоятельного решения

6. Аккумулятор с внутренним сопротивлением 0,08 Ом при нагрузке 4 А отдает во внешнюю цепь мощность 8 Вт. Какую мощность отдаст аккумулятор во внешнюю цепь при нагрузке 6А?
7. У элемента с ЭДС 6 В сила тока при коротком замыкании 3 А. При каком внешнем сопротивлении, подключенном к источнику, полезная мощность будет максимальна? Чему она равна.
8. Электрический чайник имеет две секции нагревателя. При включении первой секции вода закипает через 10 мин, а при включении второй – через 30 мин. Через сколько времени закипит вода, если секции включить параллельно?
9. Элемент замыкается один раз на сопротивление 3 Ом, другой раз на сопротивление 9 Ом. Определите внутреннее сопротивление батареи, если в первом и втором случаях на сопротивлениях выделялась одна и та же мощность.
10. Лампочки, сопротивления которых 3 Ом и 12 Ом, подключенные поочередно к источнику тока, потребляют одинаковую мощность. Найдите внутреннее сопротивление и КПД цепи в каждом случае.
11. От источника с напряжением 100 кВ необходимо передать на расстояние 5 км, мощность 5000 кВт. Допустимая потеря напряжения в проводах 1 %. Рассчитайте минимальное сечение медного провода, пригодного для этой цели, если удельное сопротивление меди $1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.
12. Какое наименьшее числа одинаковых источников питания с э.д.с. по 2 В и внутренним сопротивлением по 0,5 а необходимо взять, чтобы на внешнем сопротивлении 10 Ом выделялась максимальная мощность? Максимальная сила тока равна 2 А.
13. Два проводника сопротивлениями 10 Ом и 16 Ом соединены параллельно. При прохождении тока на первом проводнике выделяется 40 Дж теплоты. Определить, какое количество теплоты выделится в обоих проводниках за то же время при их последовательном соединении.
14. К источнику тока подключают в первом случае резистор сопротивлением 1 Ом, а в другом – 4 Ом. В обоих случаях резисторы за одно и то же время выделяют одинаковое количество теплоты. Определить внутреннее сопротивление источника тока.

Занятие № 8

Законы электролиза. Газовые разряды

Вопросы:

- ✓ Представление об элеткролитах.
- ✓ Законы электролиза.
- ✓ Пользуясь законами электролиза и постоянной Авогадро, определить массу иона водорода и заряд электрона.
- ✓ Самостоятельный газовый разряд
- ✓ Несамостоятельный газыые разряды.

Задачи

1. Батарея гальванических элементов имеет ЭДС 0,9 В и внутреннее сопротивление 0,6 Ом. Она состоит из 30 элементов, соединённых в три одинаковые параллельные группы. Найти массу двухвалентной меди, выделившейся на катоде электролитической ванны за 5 мин работы батареи, подключённой к ней. (Сопротивление ванны 205 Ом).
2. Какой силы ток должен проходить через раствор электролита, чтобы за 1 мин разлагался 1г воды? Каков объём выделившегося при этом гремучего газа (должен обладать электрон, чтобы ионизировать атом ртути при нормальных условиях)?
3. Потенциал ионизации атомов ртути 10,4 В. Какой наименьше скоростью должен обладать электрон, чтобы ионизировать атом ртути при ударе?

Задачи для самостоятельного решения

4. Никелирование металлического изделия с площадью поверхности 120 см² продолжалось 5 ч при силе тока 0,3 А. Определите толщину h слоя никеля (валентность равна 3, плотность 8800 кг/м³).
5. При электролизе воды через ванну протёк заряд 1000 Кл. Какова температура выделившегося кислорода, если он находится в объёме 0,25 л под давлением 129 кПа?
6. При каком напряжении зажигается неоновая лампочка, если расстояние между электродами (в виде тонких пластин) равно d ? Считать известными энергию ионизации неона $W_{и}$, длину свободного пробега l электронов между двумя последовательными столкновениями с атомами неона и заряд электрона e .

Занятие № 9

Тема: **Магнитное поле в вакууме**

МП токов и зарядов

Вопросы

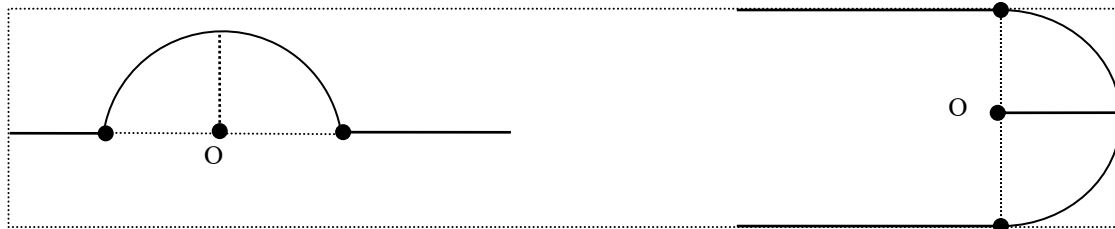
- ✓ Магнитостатическое поле, вектор индукции МП, линии индукции
- ✓ Элемент тока, закон Био – Савара.
- ✓ Принцип суперпозиции магнитных полей.
- ✓ МП прямого тока.
- ✓ МП кругового токов.
- ✓ Теорема о циркуляции.
- ✓ МП соленоида.

Задачи

1. По прямолинейному проводнику течет ток 12 А. Определите индукцию магнитного поля в точке, равноудаленной от концов проводника и находящейся на расстоянии 8 см от его оси. Рассмотрите два случая:
 - 1) длина проводника 20 см;
 - 2) проводник бесконечно длинный ($l \gg r$).
2. По витку, имеющему форму квадрата со стороной 20 см, идет ток 5 А. Определите индукцию магнитного поля в точке пересечения диагоналей и в одной из точек пересечения сторон.
3. По круговому витку из тонкого провода радиусом 100 мм циркулирует ток 1 А. Найдите индукцию магнитного поля:
 - 1) в центре витка;
 - 2) на оси витка в точке, отстоящей от его центра на 100 мм.
4. Определите индукцию магнитного поля в центре полукольца радиуса r , сделанного из тонкого провода, по которому течет ток I .

Задачи для самостоятельного решения

5. Определите индукцию магнитного поля в точке О, если проводник с током I имеет вид, изображенный на рисунках. Радиус изогнутой части проводника равен R , прямолинейные участки проводника считать бесконечно длинными.



6. По медному цилиндрическому проводу радиусом 2 см и длиной 3 м течет ток 50 А. Определите индукцию магнитного поля в точках, отстоящих от оси провода на расстояние 0,5 см и 5 см и магнитный поток, пронизывающий одну из половин осевого сечения провода. Постройте график зависимости индукции магнитного поля от расстояния до оси провода.
7. Длинный прямой соленоид, содержащий 10 витков на 1 см намотан на картонный каркас. По виткам соленоида идет ток 5 А. Определите индукцию магнитного поля:
 - 1) внутри соленоида вблизи его середины;
 - 2) в центре одного из оснований.

Занятие № 10

Тема: **Магнитное поле в вакууме** Действие МП на токи и заряды

Вопросы

- ✓ Закон Ампера, сила Ампера и её направление.
- ✓ Взаимодействие параллельных токов одного направления.
- ✓ Взаимодействие параллельных токов встречного направления.
- ✓ Вращение рамки с током в МП, момент силы.
- ✓ Сила Лоренца и её направление.
- ✓ Особенности движения заряженной частицы в магнитном поле.

Задачи

1. Два прямолинейных длинных проводника расположены на расстоянии 10 см друг от друга. По проводникам текут токи 20 А и 30 А в одном и том же направлении. Какую работу (на единицу длины проводника) нужно совершить, чтобы раздвинуть эти проводники до расстояния 20 см?
2. Виток радиусом 5 см с током 1 А помещен в однородное магнитное поле напряженностью 5 кА/м так, что нормаль к витку образует угол 60° с направлением поля. Какую работу совершают силы поля при повороте витка в устойчивое положение?
3. В одной плоскости находятся прямолинейный проводник с током I_1 и прямоугольный контур с током I_2 . Стороны контура a и b , причем сторона a параллельна проводнику с током I_1 и расположена на расстоянии c от него. Определите:
 - 1) силы, действующие на провод и контур;
 - 2) вращающий момент, действующий на контур;
 - 3) магнитный поток, пронизывающий контур.
4. Определите нормальное и тангенциальное ускорения электрона, движущегося в совпадающих по направлению электрическом и магнитном полях. Рассмотрите два случая:
 - 1) скорость электрона направлена вдоль силовых линий полей;
 - 2) скорость электрона перпендикулярна силовым линиям.

Задачи для самостоятельного решения

5. Протон, прошедший ускоряющую разность потенциалов 600 В, влетел в однородное магнитное поле с напряженностью, перпендикулярной его скорости и равной $24 \cdot 10^4$ А/м. Определите:
 - 1) радиус окружности, по которой движется протон;
 - 2) импульс протона;
 - 3) период его обращения.

6. В магнитном поле с индукцией $1,2$ Тл по круговой орбите радиусом 45 см движется α - частица. Определите:
 - 1) скорость α - частицы;
 - 2) кинетическую энергию α - частицы;
 - 3) разность потенциалов, пройденную α - частицей.
7. Электрон движется в магнитном поле с индукцией $2 \cdot 10^{-3}$ Тл по винтовой линии с радиусом 2 см и шагом 5 см. С какой скоростью электрон влетел в магнитное поле?
8. Виток, по которому течет ток 20 А, свободно установился в магнитном поле с индукцией $0,016$ Тл. Диаметр витка 10 см. Какую работу нужно совершить, чтобы:
 - 1) переместить виток в область пространства без магнитного поля;
 - 2) повернуть виток на угол 90° и 360° относительно оси, совпадающей с диаметром.

Занятие № 11

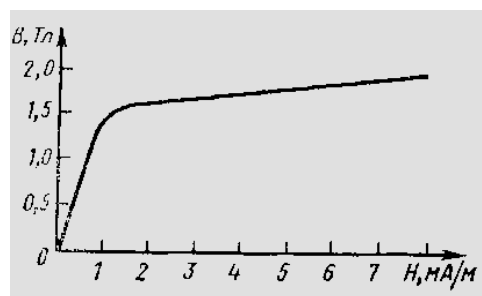
Тема: Магнитное поле в веществе

Вопросы:

- ✓ Микротоки, вектор намагничивания, ток намагничивания (поверхностный ток)
- ✓ Вектор напряжённости МП.
- ✓ Диамагнетизм (магнитная проницаемость и восприимчивость, механизм намагничивания, график кривой намагничивания).
- ✓ Парамагнетизм (магнитная проницаемость и восприимчивость, механизм намагничивания, график кривой намагничивания).
- ✓ Ферромагнетизм (доменная структура, магнитная проницаемость и восприимчивость, график кривой намагничивания).
- ✓ Магнитный гистерезис (петля гистерезиса, коэрцитивная сила, остаточная намагниченность).
- ✓ Энергия МП, магнито-мягкие и магнито-жесткие ферромагнетики.
- ✓ Условия на границе раздела двух разных магнетиков.

Задачи

1. Индукция магнитного поля в вакууме вблизи плоской поверхности однородного магнетика равна B . Вектор индукции магнитного поля составляет угол α с нормалью к поверхности. Магнитная проницаемость магнетика μ . Найдите модуль индукции магнитного поля в магнетике вблизи поверхности.
2. Соленоид (катушка индуктивности, по виткам которой протекает ток) длиной 20 см и диаметром 4 см имеет плотную трехслойную обмотку из провода диаметром $0,1$ мм. По обмотке течет ток $0,1$ А. Кривая намагничивания сердечника соленоида представлена на рисунке. Определить: напряженность магнитного поля соленоида, индукцию, магнитную проницаемость сердечника, индуктивность соленоида, энергию магнитного поля и объемную плотность энергии поля.
3. На постоянный магнит, имеющий форму цилиндра длиной 15 см намотали равномерно 300 витков тонкого провода. При пропускании тока 3 А поле вне магнита исчезло. Найдите коэрцитивную силу материала, из которого изготовлен магнит.



Задачи для самостоятельного решения

4. Постоянный магнит имеет вид кольца с узким зазором между полюсами. Средний диаметр кольца имеет радиус 20 см. Ширина зазора 2 мм, индукция магнитного поля в зазоре 40 мТл. Пренебрегая рассеянием на краю зазора, найдите модуль напряженности магнитного поля внутри магнита.
5. На железном сердечнике в виде тора радиусом 250 мм имеется обмотка из 1000 витков. В сердечнике сделана прорезь шириной 1 мм. При токе $0,85$ А через обмотку индукция

магнитного поля в зазоре 0,75 Тл. Пренебрегая рассеиванием магнитного поля на краях зазора, найдите магнитную проницаемость железа в этих условиях.

Занятие № 12

Тема: Электромагнитная индукция

Закон Фарадея

Вопросы

- ✓ Магнитный поток и его изменение.
- ✓ Закон электромагнитной индукции Фарадея.
- ✓ Правило Ленца.
- ✓ Будет ли возникать индукционный ток в круговом витке, находящемся в однородном магнитном поле, если:
 - перемещать виток поступательно;
 - вращать виток вокруг оси, проходящей через центр перпендикулярно плоскости витка;
 - вращать виток вокруг оси, лежащей в плоскости витка.

Задачи

1. Проволочная катушка, состоящая из 1000 витков, помещена в однородное магнитное поле так, что линии магнитной индукции перпендикулярны плоскости витков. Катушка подсоединена к гальванометру. Когда катушку удаляют из поля, по виткам протекает заряд 10^{-3} Кл, определяемый по отклонению стрелки гальванометра. Определить индукцию магнитного поля, если площадь одного витка 10^{-3} м², сопротивление катушки 2 Ом.
2. Рамка в форме равностороннего треугольника помещена в однородное магнитное поле с индукцией 0,08 Тл. Перпендикуляр к плоскости рамки составляет с направлением магнитного поля угол 30°. Определите сторону рамки, если известно, что среднее значение ЭДС индукции, возникающей в рамке при выключении поля за 0,03 с, равно 10 мВ.
3. Проводник длиной 0,5 м движется со скоростью 5 м/с перпендикулярно силовым линиям в однородном магнитном поле, индукция которого 8 мТл. Найдите разность потенциалов, возникающую на концах проводника.

Задачи для самостоятельного решения

4. Контур площадью 10^{-2} м² расположен перпендикулярно линиям магнитной индукции. Магнитная индукция меняется по закону $B(t) = 5 \cdot \sin(4,7 \cdot t)$ Тл. Определите зависимость магнитного потока и ЭДС индукции от времени. Определите мгновенное значение магнитного потока и ЭДС индукции в конце пятой секунды.
5. В магнитном поле с индукцией 0,2 Тл вращают стержень длиной 0,2 м с постоянной угловой скоростью 50 рад/с. Найдите разность потенциалов на концах стержня, если ось вращения проходит через конец стержня параллельно силовым линиям магнитного поля.
6. В магнитном поле бесконечно длинного прямого проводника с током находится прямоугольная рамка, сделанная из металлической проволоки, со сторонами a и b , причем сторона a параллельна проводу с током. Ближайшая к проводу сторона рамки находится от него на расстоянии r . Определите среднее значение ЭДС индукции, возникающей в рамке, если её удалять от проводника с током параллельно самой себе на расстояние $2r$ относительно первоначального положения со скоростью v .
7. Плоский виток площадью 10 см² сделан из проволоки сопротивлением 0,5 Ом. Силовые линии однородного магнитного поля с индукцией 4 Тл перпендикулярны плоскости витка. К витку присоединен гальванометр. Найдите электрический заряд, прошедший через гальванометр при повороте витка на угол 120°.

Занятие № 13

Самоиндукция

Вопросы

- ✓ Явление самоиндукции
- ✓ Индуктивность, её зависимость от формы, размеров проводящего контура и окружающей среды.

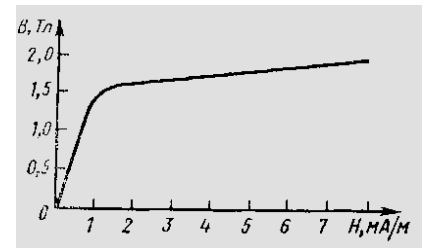
- ✓ Соленоид.
- ✓ Индуктивность батареи соленоидов при их последовательном соединении.
- ✓ Индуктивность батареи соленоидов при их параллельном соединении.

Задачи

1. Из провода длиной 2 м сделан квадрат, который расположен горизонтально. Какой электрический заряд пройдет по проводу, если его потянуть за две диагонально противоположные вершины так, чтобы он сложился? Сопротивление провода 0,1 Ом, вертикальная составляющая магнитного поля 50 мкТл.
2. Сила тока в соленоиде равномерно возрастает от 0 до 10 А за 1 мин. При этом соленоид накапливает энергию 20 Дж. Какая э.д.с. индуцируется в соленоиде?
3. Цепь состоит из соленоида и источника тока. Соленоид без сердечника длиной 15 см и диаметром 4 см имеет плотную намотку из двух слоев медного провода диаметром 0,2 мм. По соленоиду течет ток 1 А. Определить э.д.с. самоиндукции в тот момент, когда после отключения его от источника тока сила тока уменьшилась в два раза. (Сопротивлением пренебречь).

Задачи для самостоятельного решения

4. Кольцо радиусом 6 см из провода сопротивлением 0,2 Ом расположено перпендикулярно однородному магнитному полю с индукцией 20 мТл. Кольцо складывают так, что получаются два одинаковых кольца в виде восьмерки, лежащей в той же плоскости, что и кольцо. После складывания магнитное поле выключают. Какой электрический заряд пройдет по проводу:
 - 1) когда кольцо складывают;
 - 2) когда выключают магнитное поле?
5. Чему равна объемная плотность энергии магнитного поля соленоида без сердечника, имеющего плотную однослойную намотку проводом диаметром 0,32 мм, если по нему течет ток 0,1 А?
6. По соленоиду длиной 0,25 см течет ток 1 А. Число витков в обмотке 500, площадь поперечного сечения соленоида 15 см². В соленоид вставлен железный сердечник (кривая намагничивания – на рисунке). Найти энергию магнитного поля соленоида.



Занятие № 14

Тема: Электромагнитные колебания и волны

Свободные электромагнитные колебания в электрическом контуре

Вопросы:

- ✓ Электромагнитные колебания.
- ✓ Дифференциальное уравнение и закон колебаний заряда в идеальном контуре.
- ✓ Период и частота колебаний в идеальном контуре.
- ✓ Дифференциальное уравнение и закон колебаний заряда в реальном контуре.
- ✓ Период и частота колебаний в реальном контуре.
- ✓ Зависимость амплитуда заряда на конденсаторе от времени в реальном контуре.
- ✓ Декремент электромагнитных колебаний.
- ✓ Время релаксации.
- ✓ Добротность контура.

Задачи

1. Конденсатор колебательного контура был заряжен до 3 мкКл. Зная, что индуктивность катушки равна 2 мГн и частота электромагнитных колебаний 30 Гц, вычислить энергию магнитного поля катушки через 1 с после начала электромагнитных колебаний, считая их незатухающими.
2. Колебательного контур состоит из конденсатора емкостью 5 мФ, катушки индуктивностью 4 мГн и резистора сопротивлением 0,4 Ом. Определить: логарифмический декремент затухания электромагнитных колебаний и добротность контура.

3. Колебательный контур содержит сопротивление $0,8 \text{ Ом}$, катушку индуктивностью 2 мГн конденсатор емкостью 3 мФ , который был заряжен до 30 В . Определить амплитуду тока через $0,02 \text{ с}$ после начала электромагнитных колебаний.
4. Чему равно полное сопротивление (для переменного тока частоты ω) участка цепи, состоящего из параллельно включенных конденсатора емкостью C и активного сопротивления R .

Задачи для самостоятельного решения

5. Вычислить энергию электрического поля конденсатора через $0,02 \text{ с}$ после начала электромагнитных колебаний в идеальном контуре, если конденсатор имеет емкость 1 мФ и был заряжен до $0,4 \text{ Кл}$, а индуктивность катушки равна 2 мГн .
6. Разность потенциалов на обкладках колебательного контура уменьшилась в 3 раза за 1 мс . Определить сопротивление контура, если емкость конденсатора $0,2 \text{ мкФ}$ и индуктивность катушки $5,07 \text{ мГн}$.
7. Определите логарифмический декремент затухания, при котором энергия колебательного контура уменьшается в 8 раз за 5 полных колебаний
8. Колебательный контур содержит сопротивление 1 Ом , катушку индуктивностью 25 мГн конденсатор емкостью 10 мкФ . Определить, через сколько полных колебаний амплитуда тока в контуре уменьшится в e раз.
9. Колебательный контур содержит катушку индуктивностью 6 мкГн , конденсатор емкостью 10 нФ и резистор сопротивлением 10 Ом . Определите для случая максимума тока, каково отношение энергии магнитного поля катушки к энергии электрического поля конденсатора.

Занятие № 15

Тема: Электромагнитные колебания и волны

Вынужденные электромагнитные колебания, переменный электрический ток

Вопросы

- ✓ Дифференциальное уравнение и закон колебаний заряда в реальном контуре.
- ✓ Изменение тока в катушке колебательного контура
- ✓ Изменение напряжения на конденсаторе, катушке индуктивности и резисторе.
- ✓ Векторная диаграмма токов и напряжения (вдали от резонанса, при резонансе)
- ✓ Закон Ома на участках цепи переменного тока
- ✓ Реактивные сопротивления.
- ✓ Мощность цепи переменного тока

Задачи

1. В цепь переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц последовательно включены резистор сопротивлением 100 Ом , катушка индуктивностью $0,5 \text{ Гн}$ и конденсатор емкостью 10 мкФ . Определите:
 - 1) силу тока в цепи;
 - 2) падение напряжения на активном сопротивлении;
 - 3) падение напряжения на конденсаторе;
 - 4) падение напряжения на катушке.
2. К сети с действующим напряжением u подключили катушку, индуктивное сопротивление которой X_L , а полное сопротивление Z . Найти разность фаз ϕ между током и напряжением, а также тепловую мощность, выделяемую в катушке.
3. Цепь, состоящую из последовательно соединенных активного сопротивления $R = 0,16 \text{ кОм}$ и дросселя подключили к сети с действующим напряжением $u = 220 \text{ В}$. Найти тепловую мощность, выделяющуюся на дросселе, если действующие напряжения на сопротивлении R и дросселе равны соответственно $u_1 = 80 \text{ В}$ и $u_2 = 180 \text{ В}$.
4. Определить резонансную частоту колебательной системы, если частота собственных колебаний $f_0 = 300 \text{ Гц}$, а логарифмический декремент затухания колебаний равен $0,2$.

Задачи для самостоятельного решения

5. В цепь переменного тока включены последовательно резистор сопротивлением 3 Ом, катушка с индуктивным сопротивлением 2 Ом и конденсатор с емкостным сопротивлением 6 Ом. Какая мощность выделяется в цепи при действующем значении силы тока 2 А?
6. Цепь, состоящая из последовательно соединенных конденсатора емкости 22 мкФ и катушки с активным сопротивлением 20 Ом и индуктивностью 0,35 Гн, подключена к сети переменного напряжения с амплитудой 180 В и частотой 50 Гц. Найдите:
 - 1) амплитуду тока в цепи;
 - 2) разность фаз между током и внешним напряжением;
 - 3) амплитуды напряжения на конденсаторе и катушке.
7. Имеются две самостоятельные цепи. Первая состоит из включенных последовательно источника ЭДС некоторой частоты, катушки с индуктивностью L и активного сопротивления R. Вторая - из источника ЭДС той же частоты и параллельно включенных конденсатора емкостью C и активного сопротивления R. При каком соотношении между L, C и R сдвиг фазы между током и напряжением в обоих случаях будет одинаков по абсолютной величине.

Занятие № 16

Тема: Электромагнитные колебания и волны

Электромагнитные волны

Вопросы

- ✓ Вывести волновые уравнения из уравнений Максвелла
- ✓ Уравнения плоской электромагнитной волны.
- ✓ Связь между напряженностями ЭП и МП в ЭМВ.
- ✓ Скорость ЭМВ в вакууме и веществе.
- ✓ Фаза, частота, период, волновое число и длина волны
- ✓ Энергия ЭМВ, объемная плотность энергии, поток энергии, вектор Умова-Пойнтинга, интенсивность ЭМВ.
- ✓ Дипольный излучатель.

Задачи

1. В среде с $\varepsilon = 2$ и $\mu = 1$ распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности электрического поля волны 50 В/м. Найти: амплитуду напряженности магнитного поля; фазовую скорость; интенсивность волны.
2. На каком диапазоне волн работает передатчик, если емкость его колебательного контура изменяется от 60 пФ до 240 пФ, а индуктивность 50 мкГн?
3. В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности магнитного поля волны 0,1 А/м. Определить: энергию, переносимую волной через поверхность площадью 10 см², расположенную перпендикулярно направлению распространения волны, за время 5 с, если период волны $T \ll t$.

Задачи для самостоятельного решения

4. Исходя из уравнений Максвелла, покажите, что для плоской электромагнитной волны, распространяющейся в вакууме в направлении оси X, справедливы соотношения

$$-\frac{\partial B_z}{\partial t} = \frac{\partial E_y}{\partial x}, \quad -\frac{\partial E_y}{\partial t} = -c^2 \frac{\partial B_z}{\partial x}.$$
5. Уравнение плоской электромагнитной волны, распространяющейся в немагнитной среде с ($\mu = 1$), имеет вид: $E(x,t) = 2 \cdot 10^{-2} \sin(2\pi 10^6 t - 8,97x)$ В/м. Определить: частоту колебаний, фазовую скорость, диэлектрическую проницаемость среды, длину волны, интенсивность волны.
6. В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности ее магнитного поля 0,1 А/м. Определить: амплитуду напряженности электрического поля; среднюю по времени объемную плотность энергии волны.

Тема: Основы волновой оптики

Интерференция света, метод деления волнового фронта

Вопросы

- ✓ Интерференция.
- ✓ Условия максимумов и минимумов интерференционной картины.
- ✓ Получение интерференции методом деления волнового фронта.
- ✓ Бизеркала и бипризма Френеля.
- ✓ Схема Ллойда.
- ✓ Билинза Бийе.

Задачи

1. Определить длину отрезка, на котором укладывается столько же длин волн монохроматического света в вакууме, сколько их укладывается в стекле толщиной 5 мм (показатель преломления стекла 1,5).
2. Найти все длины волн видимого света (от 0,76 до 0,38 мкм), которые будут: 1) максимально усилены; 2) максимально ослаблены при оптической разности хода Δ интерферирующих волн, равной 1,8 мкм.
3. В опыте с зеркалами Френеля расстояние d между мнимыми изображениями источника света равно 0,5 мм, расстояние l от них до экрана равно 3 м. Длина волны $\lambda=0,6$ мкм. Определить ширину b полос интерференции на экране.
4. Два параллельных световых пучка, отстоящих друг от друга на расстоянии 5 см, падают перпендикулярно на вертикальную грань кварцевой ($n = 1,49$) прямоугольной призмы, преломляющий угол которой 25° . Из призмы также выходят параллельными. Найти оптическую разность хода Δ пучков после их преломления призмой.

Задачи для самостоятельного решения

5. При наблюдении интерференции света от двух когерентных источников монохроматического света с длиной волны 520 нм на экране на отрезке длиной 4 см наблюдается 8,5 полос. Определите расстояние между источниками света, если расстояние от них до экрана равно 2,75 м.
6. На экране наблюдается интерференционная картина в результате наложения лучей от двух когерентных источников света длиной волны 500 нм. На пути одного из лучей разместили перпендикулярно стеклянную пластинку ($n = 1,6$) толщиной 5 мкм. Определить, на сколько полос сместится интерференционная картина.
7. При наблюдении в воздухе интерференции света от двух когерентных источников на экране видны чередующиеся темные и светлые полосы. Что произойдет с шириной полос, если наблюдение производить в воде, сохраняя неизменными все остальные условия?
8. Определите, во сколько раз изменится ширина интерференционных полос в опыте с зеркалами Френеля, если фиолетовый светофильтр (пропускаемая длина волны 400 нм) заменить красным (700 нм).
9. Два параллельных пучка световых волн I и II падают на стеклянную призму ($n = 1,5$) с преломляющим углом $\theta = 30^\circ$ и после преломления выходят из нее параллельно. Найти оптическую разность хода Δ световых волн после преломления их призмой.

Занятие № 2

Интерференция света, метод деления волнового фронта (схема Юнга)

Вопросы

- ✓ Ход лучей в схеме Юнга.
- ✓ Расчёт интерференционной картины в схеме Юнга (вывод формул для координат максимумов и минимумов интерференционной картины)

Задачи

1. Расстояние между двумя щелями в опыте Юнга равно 1 мм, а расстояние от щелей до экрана равно 3 м. Определить длину волны λ , испускаемой источником.

- В опыте Юнга отверстия освещались монохроматическим светом длиной волны 600 нм. Расстояние между отверстиями 1 мм, расстояние от отверстий до экрана 3 м. Найдите положение первых трех светлых полос.
- В опыте Юнга расстояние между двумя щелями, на которые падает свет длиной волны 0,6 мкм, равно 0,5 мм. Определить расстояние от щелей до экрана, если ширина интерференционных полос оказалась равной 1,2 мм.

Задачи для самостоятельного решения

- На каком расстоянии друг от друга находятся две щели в опыте Юнга, через которые проходит зелёный свет ($\lambda = 520$ нм), если на экране наблюдаются интерференционные полосы, расстояние между которыми 1,5 мм? Расстояние от щелей до экрана равно 2 м.
- В опыте Юнга расстояние от щелей до экрана 3 м. Определить угловое расстояние между соседними светлыми полосами, если третья светлая полоса отстоит от центра картины на расстоянии 4,5 мм.
- Если в опыте Юнга на пути одного из интерферирующих лучей света (длина волны 500 нм) поместить перпендикулярно ему тонкую стеклянную пластинку ($n = 1,5$), центральная светлая полоса смещается в положение, первоначально занимаемое пятой светлой полосой. Определить толщину пластины.

Занятие № 3

Интерференция света, метод деления амплитуды волны

Вопросы

- ✓ Получение интерференции методом деления амплитуды.
- ✓ Кольца Ньютона.
- ✓ Интерференция в тонких пленках.
- ✓ Интерференция на клине.
- ✓ Просветление оптики.
- ✓ Почему при просветлении оптики толщина плёнки на поверхности стекла должна быть равна четверти длины волны падающего света?

Задачи

- Установка для получения колец Ньютона освещается монохроматическим светом, падающим по нормали к поверхности пластинки. Радиус кривизны линзы 8,6 м. Наблюдение ведется в отраженном свете. Измерениями установлено, что радиус четвертого темного кольца (считая центральное темное пятно нулевым) $r_4 = 4,5$ мм. Найдите длину волны падающего света.
- Плоско-выпуклая линза выпуклой стороной лежит на стеклянной пластине. Радиус 10-го темного кольца Ньютона в отраженном свете равен 1,25 мм. Определить радиус кривизны линзы, если синий свет длиной волны 460 нм падает нормально на плоскую сторону линзы.
- На мыльную пленку ($n = 1,3$), находящуюся в воздухе, падает нормально пучок лучей белого света. При какой наименьшей толщине d пленки отраженный свет с длиной волны 0,55 мкм окажется максимально усиленным в результате интерференции?
- На стеклянный клин ($n = 1,5$) с преломляющим углом 40° нормально падает монохроматический свет длиной волны 600 нм. Определить в интерференционной картине расстояние между двумя соседними минимумами.
- Для осуществления противолокационной маскировки объектов на их поверхность наносят тонкие покрытия из магнетодиэлектриков, обеспечивающие интерференционное гашение радиоволн. Определить наименьшую толщину покрытия из прессованного карбонильного железа ($\epsilon = 4$, $\mu = 8$), если объект облучается радиоволной с длиной волны $\lambda = 3,2$ см.

Задачи для самостоятельного решения

- Установка для получения колец Ньютона освещается монохроматическим светом, падающим параллельно главной оптической оси линзы. Наблюдение ведется в отраженном свете. Радиусы двух соседних темных колец равны 4,0 мм и 4,38 мм. Радиус кривизны линзы 6,4 м. Найдите порядковые номера колец и длину волны падающего света.

7. Для измерения толщины волоса его положили на стеклянную пластинку и сверху прикрыли другой пластинкой. Расстояние от волоса до линии соприкосновения пластинок, которой он параллелен, оказалось равным 20 см. При освещении пластинок красным светом с длиной волны 750 нм на 1 см длины оказалось восемь полос. Определите толщину волоса.
8. Белый свет падает под углом 45° на мыльную пленку, показатель преломления которой 1,33. Определить наименьшую толщину пленки, при которой отраженные ли будут окрашены в желтый цвет ($\lambda = 580 \text{ нм}$).
9. Мыльная плёнка, расположенная вертикально, образует клин вследствие стекания жидкости. Интерференция наблюдается в отраженном свете через красное стекло ($\lambda_1 = 631 \text{ нм}$). Расстояние между соседними красными полосами при этом равно 3 мм. Затем эта же пленка наблюдается через синее стекло ($\lambda_2 = 400 \text{ нм}$). Найдите расстояние между соседними синими полосами. Считайте, что за время измерений форма пленки не меняется и свет падает перпендикулярно к поверхности пленки.
10. Две плоскопараллельные стеклянные пластинки образуют клин с углом $\theta=30^\circ$. Пространство между пластинками заполнено глицерином. На клин нормально к его поверхности падает пучок монохроматического света с длиной волны $\lambda=500 \text{ нм}$. В отраженном свете наблюдается интерференционная картина. Какое число N темных интерференционных полос приходится на 1 см длины клина?

Занятие № 4

Дифракция Френеля

Вопросы

- ✓ Дифракция Френеля.
- ✓ Метод зон Френеля.
- ✓ Спираль Френеля.
- ✓ Зонная пластинка.

Задачи

1. Точечный источник света с длиной волны $\lambda = 0,50 \text{ мкм}$ расположен на расстоянии $a = 100 \text{ см}$ перед диафрагмой с круглым отверстием радиуса $r = 2,0 \text{ мм}$. Найти расстояние b от диафрагмы до точки наблюдения, для которой число зон Френеля в отверстии равно 3.
2. Посередине между точечным источником монохроматического света длиной волны 550 нм и экраном находится диафрагма с круглым отверстием. Дифракционная картина (в виде колец) на экране находится на расстоянии 5 м от источника. Определить радиус отверстия диафрагмы, при котором центр колец будет наиболее тёмным.
3. Между точечным источником света и экраном поместили диафрагму с круглым отверстием, радиус которого r можно менять в процессе опыта. Расстояния от диафрагмы до источника и экрана равны $a = 100 \text{ см}$ и $b = 125 \text{ см}$. Определить длину волны света, если максимум освещенности в центре дифракционной картины на экране наблюдается при $r_1 = 1,00 \text{ мм}$ и следующий максимум при $r_2 = 1,29 \text{ мм}$.
4. Определите радиус первой зоны Френеля, если расстояния от точечного источника света (500 нм) до зонной пластинки и от пластинки до точки наблюдения равны по 1 м.
5. Определите радиус третьей зоны Френеля для случая плоской волны. Расстояние от волновой поверхности до точки наблюдения равно 1,5 м. Длина волны 0,6 мкм.

Задачи для самостоятельного решения

6. Определите радиус третьей зоны Френеля, если расстояния от точечного источника света длиной волны 600 нм до волновой поверхности и от волновой поверхности до точки наблюдения равны по 1,5 м.
7. На диафрагму с круглым отверстием диаметром 5 мм падает параллельный пучок света с длиной волны 600 нм. Определить расстояние от отверстия до точки наблюдения, если отверстие открывает: 1) две зоны Френеля, 2) три зоны Френеля.
8. Определите радиус четвертой зоны Френеля, если радиус второй зоны Френеля для плоского волнового фронта равен 2 мм.

9. Точечный источник монохроматического света расположен перед зонной пластинкой на расстоянии $a = 1,5$ м от неё. Изображение источника образуется на расстоянии $b = 1,0$ м от пластинки. Найти фокусное расстояние зонной пластинки.
10. Плоская монохроматическая световая волна падает нормально на круглое отверстие. На расстоянии $b = 9,0$ м от него находится экран, где наблюдают некоторую дифракционную картину. Диаметр отверстия уменьшили в $\eta = 3,0$ раза. Найти новое расстояние b' , на котором надо поместить экран, чтобы получить на нем дифракционную картину, подобную той, что в предыдущем случае, но уменьшенную в η раз.

Занятия № 5

Дифракция Фраунгофера (на щели)

Вопросы

- ✓ Понятие дифракции, дифракционной картины.
- ✓ Дифракция Фраунгофера на щели.
- ✓ Условия максимумов и минимумов дифракционной картины.
- ✓ Особенности дифракционного спектра.

Задачи

1. На узкую щель шириной $0,05$ мм падает нормально голубой свет ($\lambda = 490$ нм). Определить направление (угол дифракции) на вторую дифракционную полосу.
2. На щель шириной $0,1$ мм падает нормально монохроматический свет 500 нм. Определите расстояние от экрана до собирающей линзы, которая находится вблизи щели для формирования дифракционной картины, если расстояние между первыми дифракционными минимумами по обе стороны от центрального максимума равно 1 см.
3. Монохроматический свет 500 нм падает на длинную прямоугольную щель шириной 12 мкм под углом 45° к её нормали. Определить угловое положение первых минимумов ($m = \pm 1$) расположенных по обе стороны от центрального фраунгоферова максимума.
4. Изобразить примерную дифракционную картину, возникающую при дифракции Фраунгофера от решётки из трех одинаковых щелей, если отношение периода решетки к ширине щели равно: а) двум; б) трем.

Задачи для самостоятельного решения

6. Свет с длиной волны $\lambda = 0,50$ мкм падает на щель ширины $b = 10$ мкм под углом $\theta_0 = 30^\circ$ к её нормали. Найти угловое положение первых минимумов, расположенных по обе стороны центрального фраунгоферова максимума.
7. Монохроматический свет падает на длинную прямоугольную щель шириной 12 мкм под углом 30° к её нормали. Определить длину волны света, если направление на первый минимум ($m = 1$) от центрального фраунгоферова максимума составляет 33° .
8. На дифракционную решетку нормально падает желтый свет ($\lambda = 570$ нм). Угол дифракции для 5-го максимума 30° , а минимальная разность длин, разрешаемая решеткой, $\Delta\lambda = 0,2$ нм. Определить: постоянную решетки; длину решетки.
9. Узкий пучок монохроматического рентгеновского излучения падает на грань кристалла, межатомное расстояние которого $0,3$ нм. Определить длину волны, если под углом падения 60° наблюдается дифракционный максимум 2-го порядка.

Занятие № 6

Дифракция Фраунгофера (на дифракционной и пространственной решётках)

Вопросы

- ✓ Дифракционная решётка.
- ✓ Дифракция Фраунгофера на дифракционной решётке.
- ✓ Условия главных максимумов и минимумов дифракционной картины на решётке.
- ✓ Разрешающая способность дифракционной решётки.
- ✓ Дифракция на пространственной решётке.
- ✓ Условие Вульфа – Брэгга.

Задачи

1. Свет с $\lambda = 589,0$ нм падает нормально на дифракционную решетку с периодом $d = 2,5$ мкм, содержащую $N = 10\ 000$ штрихов. Найти угловую ширину дифракционного максимума второго порядка.
2. Какое число штрихов на единицу длины имеет дифракционная решетка, если зеленая линия ртути ($\lambda = 546,1$ нм) в спектре первого порядка наблюдается под углом $19^\circ 8'$?
3. Дифракционная решётка длиной 5 мм может разрешить в первом порядке две спектральные линии натрия 589,0 нм и 589,6 нм. Определите, под каким углом в спектре третьего порядка будет наблюдаться свет с длиной волны 600 нм, падающий на решётку нормально.
4. Узкий пучок рентгеновского излучения длиной волны 245 пм падает под некоторым углом скольжения на грань монокристалла NaCl (молярная масса $58,5 \cdot 10^{-3}$ кг/моль), плотность которого $2,16$ г/см³. Определить угол скольжения, если при отражении от этой грани наблюдается максимум второго порядка.

Задачи для самостоятельного решения

5. Расстояние между экраном и дифракционной решеткой, имеющей 125 штрихов на 1 мм, равно 2,5 м. При освещении решетки светом с длиной волны 420 нм на экране видны синие линии. Определите расстояние от центральной линии до первой линии на экране.
6. Определите число штрихов на 1 мм дифракционной решетки, если максимум 4-го порядка наблюдается под углом дифракции 30° монохроматического фиолетового света ($\lambda = 440$ нм).
7. Какова ширина всего спектра первого порядка (длины волн заключены в пределах от 0,38 мкм до 0,76 мкм), полученного на экране, отстоящем на 3 м от дифракционной решетки с периодом 0,01 мм?
8. Свет падает нормально на прозрачную дифракционную решетку ширины $l = 6,5$ см, имеющую 200 штрихов на миллиметр. Исследуемый спектр содержит спектральную линию с $\lambda = 670,8$ нм, которая состоит из двух компонент, отличающихся на $\delta\lambda = 0,015$ нм. Найти: а) в каком порядке спектра эти компоненты будут разрешены; б) наименьшую разность длин волн, которую может разрешить эта решетка в области длин волн порядка 670 нм.
9. Узкий пучок рентгеновского излучения длиной волны 245 пм падает под углом скольжения 60° на грань монокристалла NaCl (молярная масса $58,5 \cdot 10^{-3}$ кг/моль), плотность которого $2,16$ г/см³. Определить угол длину волны излучения, если при отражении от этой грани наблюдается максимум третьего порядка.

Занятие № 9

Тема: **Взаимодействие света с веществом**

Поляризация света

Вопросы

- ✓ Поляризованный и естественный свет.
- ✓ Закон Малюса.
- ✓ Закон Брюстера.
- ✓ Поляризационные приборы.
- ✓ Свет, отраженный от поверхности воды, является частично поляризованным. Как убедиться в этом, имея поляриод?

Задачи

1. Естественный свет падает под углом Брюстера на поверхность стекла. Определить с помощью формул Френеля: а) коэффициент отражения; б) степень поляризации преломленного света.
2. Пучок естественного света падает на систему из $N = 6$ николей, плоскость пропускания каждого из которых повернута на угол $\varphi = 30^\circ$ относительно плоскости пропускания предыдущего николя. Какая часть светового потока проходит через эту систему?
3. Угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора увеличили от 45° до 60° . Во сколько раз уменьшилась интенсивность света после анализатора?

4. Степень поляризации частично поляризованного света $P = 0,25$. Найти отношение интенсивности поляризованной составляющей этого света к интенсивности естественной составляющей.
5. Требуется изготовить параллельную оптической оси кварцевую пластинку, толщина которой не превышала бы 0,50 мм. Найти максимальную толщину этой пластинки, при которой линейно поляризованный свет с длиной волны $\lambda = 589$ нм после прохождения ее: а) испытывает лишь поворот плоскости поляризации; б) станет поляризованным по кругу.

Задачи для самостоятельного решения

6. На какой угловой высоте над горизонтом находится Солнце, если солнечный луч, отраженный от поверхности воды ($n = 1,33$), максимально поляризован?
7. Естественный монохроматический свет падает на систему из двух скрещенных николей, между которыми находится кварцевая пластинка, вырезанная перпендикулярно к оптической оси. Найти минимальную толщину пластинки, при которой эта система будет пропускать $\eta = 0,30$ светового потока, если постоянная вращения кварца $\alpha = 17$ угл.град/мм.
8. Во сколько раз уменьшится интенсивность естественного света, прошедшего через поляризатор и анализатор, если в каждом из них теряется 5 % интенсивности света, а главные плоскости образуют угол 60^0 ?
9. Естественный свет падает на два поляроида, ориентированные так, что свет не проходит совсем. Если между этими поляроидами поместить третий, то будет ли свет проходить?
10. Пластинка кварца толщиной 2 мм, вырезанная перпендикулярно оптической оси кристалла, поворачивает плоскость поляризации монохроматического света на угол 30^0 . Определить толщину другой кварцевой пластинки, необходимой для полного гашения света.
11. Трубка с бензолом длины $l = 26$ см находится в продольном магнитном поле соленоида, расположенного между двумя поляроидами. Угол между главными направлениями поляроидов равен 45^0 . Найти минимальную напряженность магнитного поля, при которой свет с длиной волны 589 нм будет проходить через эту систему только в одном направлении (оптический вентиль). Как будет вести себя этот оптический вентиль, если изменить направление данного магнитного поля на противоположное?

Занятие № 10

Дисперсия света. Поглощение и рассеяние света

Вопросы

- ✓ Нормальная и аномальная дисперсия.
- ✓ Уравнение дисперсии.
- ✓ Формула Релея.
- ✓ Закон Бугера
- ✓ Какими будут казаться красные буквы, если их рассматривать через зеленое стекло?
- ✓ Эффект Вавилова – Черенкова.

Задачи

1. Показатель преломления воды для световых лучей с длиной 441 нм равен 1,341, а для длины волны 589 нм – 1,334. Определите средние значения групповой и фазовой скорости света в воде для синей области спектра.
2. Толщина стекла в теплице 4 мм. Коэффициент поглощения для стекла в инфракрасной области спектра $0,62 \text{ см}^{-1}$. Какая доля энергии достигает растений?
3. При прохождении света через слой раствора поглощается треть первоначальной световой энергии. Определите коэффициент пропускания раствора.
4. Определить скорость электронов, при которой черенковское излучение происходит в среде с показателем преломления 1,54 под углом 30^0 к направлению их движения. (Скорость выразить в долях скорости света).

Задачи для самостоятельного решения

5. Показатель преломления для красного света в стекле (тяжелый флинт) равен 1,6444, а для фиолетового — 1,6852. Найти разницу углов преломления в стекле данного сорта, если угол падения равен 80^0 .

6. Коэффициент поглощения некоторого вещества для монохроматического света определённой длины волны равен $0,1 \text{ см}^{-1}$. /Определить толщину слоя вещества, которая необходима для ослабления света: а) в 2 раза, б) в 5 раз. Потери на отражение света не учитывать.
7. Найти концентрацию свободных электронов ионосферы, если для радиоволн с частотой $\nu = 100 \text{ МГц}$ ее показатель преломления $n = 0,90$.
8. Имея в виду, что для достаточно жестких рентгеновских лучей электроны вещества можно считать свободными, определить, насколько отличается от единицы показатель преломления графита для рентгеновских лучей с длиной волны в вакууме $\lambda = 50 \text{ пм}$.
9. Определить кинетическую энергию протонов, которые в среде с показателем преломления 1,6 излучают свет под углом 20° к направлению своего движения. (Ответ выразить в электрон-вольтах).

Занятие № 11

Тема: **Основы геометрической оптики**

Законы геометрической оптики

Вопросы

- ✓ Преломление и отражение света.
- ✓ Преломление на плоской поверхности.
- ✓ Принцип Ферма.

Задачи

1. На краю бассейна стоит человек и наблюдает камень, лежащий на дне. Глубина бассейна равна h . На каком расстоянии от поверхности воды видно изображение камня, если луч зрения составляет с нормалью к поверхности воды угол ϑ ?
2. Луч света падает на плоскопараллельную стеклянную пластину толщиной $d = 6,0 \text{ см}$. Угол падения $\vartheta = 60^\circ$. Найти величину бокового смещения луча, прошедшего через эту пластину.
3. Имеются две оптические среды с плоской границей раздела. Пусть $\vartheta_{\text{пр}}$ — предельный угол падения луча, а ϑ_1 — угол падения, при котором преломленный луч перпендикулярен к отраженному (предполагается, что луч идет из оптически более плотной среды). Найти относительный показатель преломления этих сред, если $\sin \vartheta_{\text{пр}} / \sin \vartheta_1 = \eta = 1,28$.
4. Для некоторой стеклянной призмы угол наименьшего отклонения луча равен преломляющему углу призмы. Найти преломляющий угол.

Задачи для самостоятельного решения

5. На плоскопараллельную стеклянную пластину толщиной $d = 5 \text{ см}$ падает луч света под углом $\alpha = 30^\circ$. Вычислите боковое смещение s луча, прошедшего сквозь эту пластину. Показатель преломления стекла $n = 1,33$.
6. Луч света выходит из стекла в воздух. Вычислите скорость света в стекле, если предельный угол полного внутреннего отражения равен 42° .
7. На стеклянную призму с преломляющим углом 55° падает луч света под углом 30° . Определить угол отклонения луча призмой, если показатель преломления стекла равен 1,5.
8. Луч света выходит из стеклянной призмы ($n = 1,5$) под тем же углом, что и падает на неё. Определить угол отклонения луча призмой, если её преломляющий угол 60° .
9. Луч света, содержащий две монохроматические составляющие, проходит через трехгранную призму с преломляющим углом $\theta = 60^\circ$. Определить угол $\Delta\alpha$ между обеими составляющими луча после призмы, если показатели преломления для них равны 1,515 и 1,520 и призма ориентирована на угол наименьшего отклонения.

Практическое занятие № 12

Тема: **Основы геометрической оптики**

Зеркала

Вопросы

- ✓ Что такое зеркало. Какие есть зеркала: по форме, по напылению

- ✓ Правила построения изображений с помощью плоского зеркала.
- ✓ Характерные точки и линии сферического зеркала.
- ✓ Характерные лучи и правила построения изображений с помощью сферического зеркала.
- ✓ Формула сферического зеркала, увеличение.

Задачи

1. Солнечные лучи составляют с поверхностью земли угол 30° . Под каким углом к вертикали надо расположить плоское зеркало, чтобы с его помощью осветить дно глубокого колодца?
2. Вычислите количество изображений точечного источника света и постройте их, если источник находится между двух плоских зеркал, между которыми угол 30° .
3. Постройте изображение предмета от выпуклого зеркала, если предмет находится от вершины зеркала на расстоянии: а) меньше фокусного расстояния, б) равном фокусному расстоянию, в) больше фокусного расстояния, но меньше радиуса кривизны, г) равном радиусу кривизны, д) больше радиуса кривизны. Охарактеризуйте изображение в каждом случае.
4. Вогнутое сферическое зеркало имеет радиус кривизны $R=45$ см. Расстояние от предмета, высота которого $h=3$ см, до этого зеркала равно двум радиусам кривизны. Постройте изображение предмета и вычислите: а) положение изображения предмета, б) увеличение изображения. Какое получилось изображение: увеличенное или уменьшенное, прямое или перевернутое, действительное или мнимое?

Задачи для самостоятельного решения

5. На дне цилиндрического сосуда и высотой $H = 50$ см лежит вогнутое зеркало, имеющее радиус кривизны $R = 80$ см. Сосуд до половины заполнен водой ($n = 1,33$). Найдите фокусное расстояние получившейся оптической системы.
6. Постройте изображение точечного источника света в двух плоских зеркалах, если угол между ними равен $120^\circ, 90^\circ, 72^\circ, 60^\circ, 45^\circ$. Сколько изображений получается?
7. Построить изображение S' светящейся точки S , находящейся на главной оптической оси выпуклого зеркала, если положения оптического центра зеркала C , его полюса P и фокуса F известны.
8. Выпуклое зеркало с фокусным расстоянием $F = 0,2$ м дает мнимое изображение предмета с уменьшением $k = 1/2$. На каком расстоянии d от зеркала расположен предмет? Построить ход лучей.
9. Сходящиеся лучи падают на выпуклое зеркало так, что их продолжения пересекаются в точке, находящейся на расстоянии $d = 0,4$ м за зеркалом. После отражения от зеркала лучи расходятся таким образом, что их продолжения пересекаются в точке, отстоящей от зеркала на расстоянии $f = 1,6$ м. Обе точки пересечения лежат на главной оптической оси зеркала. Найти фокусное расстояние F зеркала.

Практическое занятие № 13

Линзы

Вопросы

- ✓ Представление о линзах, типах линз, условных обозначениях линз.
- ✓ Характерные точки, линии и плоскости тонкой линзы.
- ✓ Характерные лучи и правила построения изображений с помощью сферического зеркала.
- ✓ Формула тонкой линзы.
- ✓ Увеличение линзы.
- ✓ Оптическая сила линзы

Задачи

1. Построить изображение светящейся точки S , которая лежит на главной оптической оси собирающей линзы.
2. Найти оптическую силу и фокусные расстояния: а) тонкой стеклянной линзы в жидкости с показателем преломления $n_0 = 1,7$, если ее оптическая сила в воздухе $\Phi_0 = -5,0$ дп; б) тонкой симметричной двояковыпуклой стеклянной линзы, с одной стороны которой находится воздух, а с другой — вода, если оптическая сила этой линзы в воздухе $\Phi_0 = +10$ дптр.
3. Тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием $f = 25$ см проецирует изображение предмета на экран, отстоящий от линзы на расстоянии $l = 5,0$ м. Экран придвинули к линзе

на $\Delta l = 18$ см. На сколько следует переместить предмет, чтобы опять получить четкое изображение его на экране?

4. Необходимо изготовить плоско-выпуклую линзу с оптической силой 4 дптр. Определить радиус кривизны выпуклой поверхности линзы, если показатель преломления материала линзы равен 1,6.
5. За тонкой положительной линзой с фокусным расстоянием 15 см расположено выпуклое зеркало с фокусным расстоянием 5 см. Эта система создаёт прямое изображение предмета в натуральную величину независимо от его удаления от линзы. Определите расстояние между линзой и зеркалом.

Задачи для самостоятельного решения

6. Построить изображение светящейся точки S, которая лежит на главной оптической оси рассеивающей линзы.
7. Между предметом и экраном, положения которых неизменны, помещают тонкую собирающую линзу. Перемещением линзы находят два положения, при которых на экране образуется четкое изображение предмета. Найти поперечный размер предмета, если при одном положении линзы размер изображения $h' = 2,0$ мм, а при другом $h'' = 4,5$ мм.
8. От предмета высотой 3 см получили с помощью линзы действительное изображение высотой 18 см. Когда предмет передвинули на 6 см, то получили мнимое изображение высотой 9 см. Определите фокусное расстояние и оптическую силу линзы.
9. Двояковыпуклая линза из стекла ($n_c = 1,5$) обладает оптической силой 4 дптр. При её погружении в жидкость ($n_{ж} = 1,7$) линза действует как рассеивающая. Определить: 1) оптическую силу линзы в жидкости, 2) фокусное расстояние линзы в жидкости, 3) положение изображения точки, находящейся на главной оптической оси на расстоянии трёх фокусов от линзы для случаев линзы в воздухе и в жидкости, построить эти изображения.

Занятия № 14

Тема: Основы фотометрии

Вопросы

- ✓ Основные понятия фотометрии.
- ✓ Освещенность от точечного источника.
- ✓ Закон Ламберта.
- ✓ Освещенность изображения, даваемого линзой.

Задачи

1. Точечный изотропный источник испускает световой поток $\Phi = 10$ лм с длиной волны $\lambda = 0,59$ мкм. Найти амплитудные значения напряженностей электрического и магнитного полей этого светового потока на расстоянии $r = 1,0$ м от источника.
2. Ламбертовский источник имеет вид бесконечной плоскости. Его яркость равна L. Найти освещенность площадки, расположенной параллельно данному источнику.
3. На высоте $h = 1,0$ м над центром круглого стола радиуса $R = 1,0$ м подвешен точечный источник, сила света которого I так зависит от направления, что освещенность всех точек стола оказывается равномерной. Найти вид функции $I(\vartheta)$, где ϑ — угол между направлением излучения и вертикалью, а также световой поток, падающий на стол, если $I(0) = I_0 = 100$ кд.
4. Найти с помощью кривой относительной спектральной чувствительности глаза:
а) поток энергии, соответствующий световому потоку в 1,0 лм с длиной волны 0,51 и 0,64 мкм; б) световой поток, приходящийся на интервал длин волн от 0,58 до 0,63 мкм, если соответствующий поток энергии $\Phi_0 = 4,5$ мВт, причем последний распределен равномерно по всем длинам волн этого интервала. Считать, что в данном спектральном интервале функция $V(\lambda)$ зависит линейно от длины волны.

Задачи для самостоятельного решения

5. Светильник из молочного стекла имеет форму шара диаметром $d=20$ см. Сила света I шара равна 80 кд. Определить полный световой поток Φ , светимость M и яркость L светильника.

6. Светильник, имеющий вид равномерно светящейся сферы радиуса $R = 6,0$ см, находится на расстоянии $h = 3,0$ м от пола. Яркость светильника $L = 2,0 \cdot 10^4$ кд/м² и не зависит от направления. Найти освещенность пола непосредственно под светильником.
7. Солнце, находясь вблизи зенита, создает на горизонтальной поверхности освещенность $E = 0,1$ Млк. Диаметр Солнца виден под углом $\alpha = 32'$. Определить видимую яркость L Солнца.
8. Освещенность E поверхности, покрытой слоем сажки, равна 150 лк, яркость L одинакова во всех направлениях и равна 1 кд/м². Определить коэффициент отражения ρ сажки.
9. Найти среднюю освещенность облучаемой части непрозрачной сферы, если на нее падает: а) параллельный световой поток, создающий в точке нормального падения освещенность E_0 ; б) свет от точечного изотропного источника, находящегося на расстоянии $l = 100$ см от центра сферы. Радиус сферы $R = 60$ см и сила света $I = 36$ кд.

Занятия № 15

Тема: Основы квантовой оптики

Тепловое излучение

Вопросы

- ✓ Излучательная способность тела
- ✓ Закон Кирхгофа
- ✓ Представление о фотоне
- ✓ Формула Планка
- ✓ Закон Вина
- ✓ Закон Стефана-Больцмана

Задачи

1. Излучение Солнца по своему спектральному составу близко к излучению абсолютно черного тела, для которого максимум излучательной способности приходится на длину волны 0,48 мкм. Найти массу, теряемую Солнцем ежесекундно за счет излучения. Оценить время, за которое масса Солнца уменьшится на 1%.
2. Найти с помощью формулы Планка мощность излучения единицы поверхности абсолютно черного тела, приходящегося на узкий интервал длин волн $\Delta\lambda = 1,0$ нм вблизи максимума спектральной плотности излучения, при температуре тела $T = 3000$ К.
3. Температура верхних слоев Солнца равна 5,3 кК. Считая Солнце черным телом, определить длину волны λ_m , которой соответствует максимальная спектральная плотность энергетической светимости $(M_{\lambda, T})_{\max}$ Солнца.
4. Мощность P излучения шара радиусом $R = 10$ см при некоторой постоянной температуре T равна 1 кВт. Найти эту температуру, считая шар серым телом с коэффициентом теплового излучения $\varepsilon = 0,25$.

Задачи для самостоятельного решения

5. Имеется два абсолютно черных источника теплового излучения. Температура одного из них $T_1 = 2500$ К. Найти температуру другого источника, если длина волны, отвечающая максимуму его излучательной способности, на $\Delta\lambda = 0,50$ мкм больше длины волны, соответствующей максимуму излучательной способности первого источника.
6. Найти температуру полностью ионизованной водородной плазмы плотностью $\rho = 0,10$ г/см³, при которой давление теплового излучения равно газокинетическому давлению частиц плазмы. Иметь в виду, что давление теплового излучения $p = u/3$, где u — объемная плотность энергии излучения, и что при высоких температурах вещества подчиняются уравнению состояния идеальных газов.
7. Энергетическая светимость абсолютно черного тела $M_s = 3,0$ Вт/см². Определить длину волны, отвечающую максимуму излучательной способности этого тела.
8. Вследствие изменения температуры черного тела максимум спектральной плотности $(M_{\lambda, T})_{\max}$ сместился с $\lambda_1 = 2,4$ мкм на $\lambda_2 = 0,8$ мкм. Как и во сколько раз изменились энергетическая светимость M_e тела и максимальная спектральная плотность энергетической светимости?

ФотоэффектВопросы

- ✓ Экспериментальное определение постоянной Планка
- ✓ Законы фотоэффекта
- ✓ Уравнение Эйнштейна для однофотонного фотоэффекта

Задачи

1. Определить красную границу фотоэффекта для цинка и максимальную скорость фотоэлектронов, вырываемых с его поверхности электромагнитным излучением с длиной волны 250 нм.
2. При поочередном освещении поверхности некоторого металла светом с длинами волн $\lambda_1 = 0,35$ мкм и $\lambda_2 = 0,54$ мкм обнаружили, что соответствующие максимальные скорости фотоэлектронов отличаются друг от друга в $\eta = 2,0$ раза. Найти работу выхода с поверхности этого металла.
3. До какого максимального потенциала зарядится удаленный от других тел медный шарик при облучении его электромагнитным излучением с длиной волны $\lambda = 140$ нм?
4. На поверхность лития падает монохроматический свет ($\lambda = 310$ нм). Чтобы прекратить эмиссию электронов, нужно приложить задерживающую разность потенциалов U не менее 1,7 В. Определить работу выхода A .

Задачи для самостоятельного решения

5. Определить длину волны λ ультрафиолетового излучения, падающего на поверхность некоторого металла, при максимальной скорости фотоэлектронов, равной 10 Мм/с. Работой выхода электронов из металла пренебречь.
6. Как изменится при увеличении интенсивности света и частоты вольт-амперная характеристика вакуумного фотоэлемента?
7. Будет ли наблюдаться фотоэффект, если на поверхность серебра направить ультрафиолетовое излучение с длиной волны $\lambda = 300$ нм?

6 семестрЗанятие № 1**Тема: Вероятностный характер состояния и движения частиц**Вопросы

- ✓ Гипотеза Луи де Бройля.
- ✓ Эксперименты, подтверждающие гипотезу Л. де Бройля.
- ✓ Интерпретировать квантовые условия Бора: на основе волновых представлений показать, что электрон в атоме водорода может двигаться только по тем круговым орбитам, на которых укладывается целое число дебройлевских волн.
- ✓ Соотношение неопределённостей.
- ✓ Получить выражение для дебройлевской длины волны λ релятивистской частицы, движущейся с кинетической энергией T .
- ✓ При каких значениях T ошибка в определении λ по нерелятивистской формуле не превышает 1% для электрона и протона?

Задачи

1. Вычислить дебройлевские длины волн электрона, протона и атома урана, имеющих одинаковую кинетическую энергию 100 эВ.
2. Параллельный поток моноэнергетических электронов падает нормально на диафрагму с узкой прямоугольной щелью ширины $b = 1,0$ мкм. Определить скорость этих электронов, если на экране, отстоящем от щели на расстояние $l = 50$ см, ширина центрального дифракционного максимума $\Delta x = 0,36$ мм.
3. Электрон с кинетической энергией $T \approx 4$ эВ локализован в области размером $l = 1$ мкм. Оценить с помощью соотношения неопределенностей относительную неопределенность его скорости.

4. Найти средний электростатический потенциал, создаваемый электроном в центре атома водорода, если электрон находится в основном состоянии, для которого волновая функция $\psi(r) = Ae^{-r/r_1}$, где A — некоторая постоянная, r_1 — первый боровский радиус.

Задачи для самостоятельного решения

5. Нейтрон с кинетической энергией $T = 25$ эВ налетает на покоящийся дейтрон (ядро тяжелого водорода). Найти дебройлевские длины волн обеих частиц в системе их центра инерции.
6. Показать, что для частицы, неопределенность местоположения которой $\Delta x = \lambda/2\pi$, где λ — ее дебройлевская длина волны, неопределенность скорости равна по порядку величины самой скорости частицы.
7. Оценить с помощью соотношения неопределенностей минимальную кинетическую энергию электрона, локализованного в области размером $l = 0,20$ нм.

Занятия № 2

Тема: Основы физики атома

Вопросы

- ✓ Модели атома водорода
- ✓ Несоответствие моделей опытным данным
- ✓ Основы теории Бора
- ✓ Недостатки теории Бора

Задачи

1. На какое минимальное расстояние приблизится α -частица с кинетической энергией $T = 0,40$ МэВ (при лобовом соударении): а) к покоящемуся тяжелому ядру атома свинца; б) к первоначально покоившемуся легкому свободному ядру $Li^{7?}$
2. Вычислить индукцию магнитного поля в центре атома водорода, обусловленного движением электрона по первой боровской орбите.
3. Какой серии принадлежит спектральная линия атомарного водорода, волновое число которой равно разности волновых чисел следующих двух линий серии Бальмера: 486,1 и 410,2 нм? Какова длина волны этой линии?
4. Сколько спектральных линий будет испускать атомарный водород, который возбуждают на n -й энергетический уровень?

Задачи для самостоятельного решения

5. Какие линии содержит спектр поглощения атомарного водорода в диапазоне длин волн от 94,5 до 130,0 нм?
6. Найти квантовое число n , соответствующее возбужденному состоянию иона He^+ , если при переходе в основное состояние этот ион испустил последовательно два фотона с длинами волн 108,5 и 30,4 нм.
7. Вычислить расстояние между частицами системы в основном состоянии, соответствующую энергию связи и длину волны головной линии серии Лаймана, если системой является: а) мезоатом водорода, ядром которого служит протон (в мезоатоме вместо электрона движется мезон, имеющий тот же заряд, но массу в 207 раз большую); б) позитроний, который состоит из электрона и позитрона, движущихся вокруг общего центра масс.
8. Найти энергию связи электрона в основном состоянии водородоподобных ионов, в спектре которых длина волны третьей линии серии Бальмера равна 108,5 нм.

Занятие № 3

Тема: Основы физики атома (продолж.)

Вопросы

- ✓ Стационарное уравнение Шредингера.
- ✓ Общий вид волновой функции
- ✓ Условие нормировки волновой функции.
- ✓ Коэффициенты прозрачности и отражения потенциального барьера.
- ✓ Решение уравнения Шредингера для атома водорода. Физический смысл квантовых чисел.
- ✓ Спин электрона. Принцип запрета Паули.

- ✓ Периодическая система химических элементов.

Задачи

1. Частица массы m движется в одномерном потенциальном поле $U = kx^2/2$ (гармонический осциллятор). Оценить минимально возможную энергию частицы в таком поле.
2. Частица находится в двумерной прямоугольной потенциальной яме с абсолютно непроницаемыми стенками ($0 < x < a$, $0 < y < b$). Определить вероятность нахождения частицы с наименьшей энергией в области $0 < x < a/3$.
3. Волновая функция частицы массы m для основного состояния в одномерном потенциальном поле $U(x) = kx^2/2$ имеет вид $\psi = Ae^{-\alpha x^2}$, где A — нормировочный коэффициент, α — положительная постоянная. Найти с помощью уравнения Шрёдингера постоянную α и энергию E частицы в этом состоянии.

Задачи для самостоятельного решения

1. Определить энергию электрона атома водорода в стационарном состоянии, для которого волновая функция $\psi(r) = A(1 + ar)e^{-ar}$, где A , a и α — некоторые постоянные.
2. Волновая функция электрона в основном состоянии атома водорода имеет вид $\psi(r) = Ae^{-r/r_1}$, где A — некоторая постоянная, r_1 — первый боровский радиус. Найти: а) наиболее вероятное расстояние между электроном и ядром; б) среднее значение модуля кулоновской силы, действующей на электрон; в) среднее значение потенциальной энергии электрона в поле ядра.
3. Частица массы m находится в трехмерной кубической потенциальной яме с абсолютно непроницаемыми стенками. Сторона куба равна a . Найти: а) собственные значения энергии частицы; б) разность энергий 3-го и 4-го уровней; в) энергию 6-го уровня и соответствующее ему число состояний (кратность вырождения).

Занятие № 4

Тема: Основы физики атома (продолж.)

Вопросы

- ✓ Спектральные термы.
- ✓ Правила Хунда.
- ✓ Механический момент атома.
- ✓ Магнитный момент атома.
- ✓ Правила отбора

Задачи

1. Определить длины волн спектральных линий, возникающих при переходе возбужденных атомов лития из состояния $3S$ в основное состояние $2S$. Ридберговские поправки для S - и P -термов равны $-0,41$ и $-0,04$.
2. Написать с помощью правил Хунда спектральный символ основного терма атома, единственная незаполненная подоболочка которого заполнена: а) на $1/3$, и $S = 1$; б) на 70% , и $S = 3/2$.
3. Некоторый атом находится в состоянии, для которого $S = 2$, полный механический момент $M = \sqrt{2} h$, а магнитный момент равен нулю. Написать спектральный символ соответствующего терма.

Задачи для самостоятельного решения

4. Энергия связи валентного электрона атома лития в состояниях $2S$ и $2P$ равна соответственно $5,39$ и $3,54$ эВ. Вычислить ридберговские поправки для S - и P -термов этого атома.
5. Установить, какие из нижеперечисленных переходов запрещены правилами отбора: ${}^2D_{3/2} \rightarrow {}^2P_{1/2}$, ${}^3P_1 \rightarrow {}^2S_{1/2}$, ${}^3F_3 \rightarrow {}^3P_2$, ${}^4F_{7/2} \rightarrow {}^4D_{5/2}$.
6. Валентный электрон атома натрия находится в состоянии с главным квантовым числом $n = 3$, имея при этом максимально возможный полный механический момент. Каков его магнитный момент в этом состоянии?

Тема: Основы физики атомного ядра

Вопросы

- ✓ Закон радиоактивного распада
- ✓ Постоянная распада и период полураспада
- ✓ Типы радиоактивного распада, правила смещения
- ✓ Законы сохранения в ядерных реакциях

Задачи

1. Нейтрон испытал упругое соударение с первоначально покоившимся дейтроном. Определить долю кинетической энергии, теряемую нейтроном: а) при лобовом соударении; б) при рассеянии под прямым углом.
2. Вычислить в а. е. м. массу: а) атома Li^8 , энергия связи ядра которого 41,3 МэВ; б) ядра C^{10} , у которого энергия связи на один нуклон равна 6,04 МэВ.
3. Какие из нижеследующих процессов запрещены законом сохранения лептонного заряда: 1) $n \rightarrow p + e^- + \nu$; 2) $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + e^- + e^+$; 3) $\pi^- \rightarrow \mu^- + \nu$; 4) $p + e^- \rightarrow n + \nu$; 5) $\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu + \nu$; 6) $K^- \rightarrow \mu^- + \nu$?
4. Вычислить энергию, необходимую для разделения ядра Ne^{20} на две α -частицы и ядро C^{12} , если известно, что энергии связи на один нуклон в ядрах Ne^{20} , He^4 и C^{12} равны соответственно 8,03, 7,07 и 7,68 МэВ.

Задачи для самостоятельного решения

5. Вычислить кинетические энергии протонов, импульсы которых равны 0,10, 1,0 и 10 ГэВ/с, где c — скорость света.
6. Считая, что в одном акте деления ядра U^{235} освобождается энергия 200 МэВ, определить: а) энергию, выделяющуюся при сгорании одного килограмма изотопа U^{235} , и массу каменного угля с теплотворной способностью 30 кДж/г, эквивалентную в тепловом отношении одному килограмму U^{235} ; б) массу изотопа U^{235} , подвергшегося делению при взрыве атомной бомбы с тротильным эквивалентом 30 килотонн, если тепловой эквивалент тротила равен 4,1 кДж/г.
7. Найти число нейтронов, возникающих в единицу времени в урановом реакторе, тепловая мощность которого $P = 100$ МВт, если среднее число нейтронов на каждый акт деления $\nu = 2,5$. Считать, что при каждом делении освобождается энергия $E = 200$ МэВ.

Тема: Элементы физики твёрдого тела

Вопросы

- ✓ Что такое энергетическая зона, как она образуется?
- ✓ Как с позиции зонной теории классифицируют твёрдые тела?
- ✓ Уровень Ферми в металле.
- ✓ Электропроводность металла.
- ✓ Электропроводность полупроводника.

Задачи

1. Найти энергию Ферми для свободных электронов калия при абсолютном нуле.
2. Энергия Ферми при абсолютном нуле для натрия равна 3,13 эВ. Найдите число свободных электронов на 1 атом натрия.
3. Найдите теплоемкость электронов проводимости единицы объема меди при температуре 200 К. Значение энергии Ферми для меди 7 эВ. Считать, что на 1 атом меди приходится один свободный электрон.
4. Определить примесную электропроводность алмаза, содержащего бор с концентрацией $2 \cdot 10^{21} \text{ м}^{-3}$, подвижность примесных дырок которого $0,12 \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$, и мышьяк концентрацией $1 \cdot 10^{21} \text{ м}^{-3}$, подвижность примесных электронов которого $0,18 \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$.

Задачи для самостоятельного решения

1. Сколько процентов свободных электронов в металле при $T = 0$ имеет кинетическую энергию, превышающую половину максимальной?

2. Найти число свободных электронов, приходящихся на один атом натрия при $T = 0$, если уровень Ферми $E_F = 3,07$ эВ и плотность натрия равна $0,97$ г/см³.
3. Электроны в металле находятся при температуре $T = 0$ К. Найти относительное число $\Delta N/N$ свободных электронов, кинетическая энергия которых отличается от энергии Ферми не более чем на 2 %.
4. Собственный полупроводник (германий) имеет при некоторой температуре удельное сопротивление $\rho = 0,48$ Ом·м. Определить концентрацию n носителей заряда, если подвижности b_n и b_p электронов и дырок соответственно равны $0,36$ и $0,16$ м²/(В*с).

Лабораторные занятия

2 семестр

1. Лабораторная работа № 1: Измерение плотности твёрдого тела

Цели работы:

1. Изучить устройство штангенциркуля и научиться измерять линейные размеры тела с его помощью.
2. Изучить устройство микрометра и научиться измерять линейные размеры тела с его помощью.
3. Изучить правила пользования весами и научиться измерять массу тел с помощью электронных весов ВЛТЭ-1100.

Приборы и принадлежности: электронные весы, штангенциркуль, микрометр, однородное твёрдое тело.

Контрольные вопросы:

- Что такое плотность вещества? В чем ее физический смысл?
- Что характеризует плотность свойство тела или свойства вещества?
- Как изменяется плотность тела при изменении температуры?
- Что называется абсолютной погрешностью? Что является источником систематических и случайных погрешностей? Почему относительная погрешность лучше характеризует качество измерений, чем абсолютная? Примеры.
- Как пользоваться микрометром, штангенциркулем, весами?
- Какова погрешность отсчёта при измерении этими приборами?
- Каковы правила округления результатов вычислений. Привести примеры.
- Что называется стандартной формой записи приближенного числа?
- Что означает такая запись: $\rho = 2,6 \pm 0,3$ (г/см³)?
- Какие цифры называют верными в приближённом числе, какие сомнительными?
- Какие ошибки допущены в следующей записи конечного результата измерения объёма: $V = 2,317 \pm 0,1482$ (см³)?
- Как узнать есть ли в отливке внутренние пустоты (раковины), если известен материал, из какого она изготовлена?

2. Лабораторная работа № 8: Проверка закона Гука и измерение модуля Юнга

Цели работы:

1. Проверка выполнимости закона Гука для упругой деформации растяжения.
2. Измерение модуля Юнга материала заданного образца.
3. Приобретение навыка графического представления экспериментальных данных и использования графика при обработке результатов.

Приборы и принадлежности: проволока, гири, индикатор часового типа, микрометр, лист миллиметровой бумаги, прозрачная линейка.

Контрольные вопросы:

- Что называется абсолютной деформацией, относительной деформацией?
- В чем заключается закон Гука?
- Каков физический смысл модуля Юнга?
- Что называется пределом упругости?
- Подтверждается ли ваш эксперимент справедливость закона Гука?
- Что такое нормальное напряжение?

3. Лабораторная работа № 6: Измерение скорости пули методом баллистического маятника

Цели работы:

1. Изучение физических основ метода баллистического маятника.
2. Нахождение скорости пули методом баллистического маятника.
3. Приобретение навыка измерения массы аналитическими весами.
4. Отработка навыка проведения косвенных измерений и оценка их погрешностей.

Приборы и принадлежности: стационарная установка с баллистическим маятником, отсчетным устройством и пневматической винтовкой; пуля для стрельбы из пневматической винтовки; электронные весы; секундомер.

Контрольные вопросы:

- Как и для чего проводится настройка экспериментальной установки перед выстрелом?
- Дайте обоснование всем оценкам погрешностей прямых измерений.
- Как оценивалась погрешность найденного значения скорости?
- Какова надежность найденного доверительного интервала? Можно ли утверждать, что с указанной вами вероятностью при новом выстреле скорость пули попадет в найденный доверительный интервал?
- В большую или меньшую сторону исказился бы результат вычисления скорости пули, если бы она не застряла в пластилине, отскочила?
- Одна из двух одинаковых пуль отклоняет баллистический маятник на угол в два раза больший, чем другая. Сравните скорости этих пуль.

4. Лабораторная работа № 10: Проверка основного закона вращательного движения (на маятнике Обербека)

Цели работы:

1. Экспериментально определить момент силы и угловое ускорение маятника, проверить основной закон вращательного движения.
2. Приобретение навыка измерения времени счётчиком-секундомером.
3. Отработка навыка проведения косвенных измерений и оценка их погрешностей.

Приборы и принадлежности: крестообразный маятник, набор грузов, счётчик-секундомер, штангенциркуль, масштабная сантиметровая линейка.

Контрольные вопросы:

- Сформулировать основной закон динамики вращательного движения.
- Что такое момент инерции? Что он характеризует?
- Что такое момент силы относительно оси вращения? Как его можно определить?
- Что такое угловое ускорение и как оно определяется в работе? Куда оно направлено?
- Почему можно считать, что $a = a_r$?
- Вывести формулу $M = m(g - a)r$.
- Сформулируйте теорему Штейнера. Где в работе она используется?
- Поясните с помощью чертежа и теоремы Штейнера как можно рассчитать момент инерции маховика.
- Как по графику определить момент инерции маховика?
- Какие факты являются подтверждением того, что проверяемый закон справедлив?

- В формулах $a_1 = 2h/t^2$ и $\varepsilon = a_2/r$ встречаются ускорения a_1 и a_2 . О каких ускорениях идёт речь в этих формулах? Что необходимо соблюдать, чтобы в этой работе было $a_1 = a_2$?
- Как изменятся M , r , a , t , I если нить намотать на шкив меньшего радиуса?

5. Лабораторная работа № 12: Измерение моментов инерции твердых тел и помощью трифилярного подвеса и проверка теоремы Штейнера

Цели работы:

1. Изучение крутильных колебаний трифилярного подвеса.
2. Измерение момента инерции тела, помещенного на платформу трифилярного подвеса.
3. Экспериментальная проверка теоремы Штейнера.
4. Отработка навыка использования графического метода.
5. Отработка навыка проведения косвенных измерений и оценка их погрешностей.

Приборы и принадлежности: трифилярный подвес в сборе; грузик (твёрдое тело симметричной формы); аналитические весы, металлическая линейка; штангенциркуль; секундомер; длинная линейка или рулетка.

Контрольные вопросы:

- Что такое момент инерции тела? Что он характеризует?
- Какие динамические уравнения определяют движение твердого тела?
- Расскажите об осевом моменте силы.
- Как находится момент инерции однородных тел геометрически правильной формы?
- Расскажите о теореме Штейнера.
- Какие преобразования энергии сопровождают крутильные колебания трифилярного подвеса?
- Какие величины следует непосредственно измерить, чтобы найти момент инерции тела методом крутильных колебаний трифилярного подвеса?
- Расскажите, как оценивались погрешности при прямых измерениях.
- Как оценивались погрешности величин I_0 и I_T ?
- Расскажите о качественной проверке теоремы Штейнера.
- Расскажите о количественной проверке теоремы Штейнера.

6. Лабораторная работа № 13: Изучение законов колебаний математического маятника

Цель работы:

1. Вычислить период колебаний математического маятника
2. Убедиться в гармоническом характере закона колебаний математического маятника
3. Отработка навыка проведения косвенных измерений и оценка их погрешностей.

Приборы и принадлежности: секундомер, метровая линейка, шарик на нитях.

Контрольные вопросы:

- Даны два математических маятника с одинаковой длиной $l \approx 2\text{ м}$. Первый маятник отклонен на 5 см, второй – на 10 см. У какого маятника период будет больше?
- Даны два математических маятника с одинаковой длиной $l \approx 2\text{ м}$ и разными массами ($m_1 = 20\text{ г}$, $m_2 = 50\text{ г}$). У какого маятника период будет больше, если их оба отклонили на малый угол?
- Как изменится период колебаний математического маятника, если с ним подняться высоко в гору, не изменяя при этом его длины?
- Каким станет период колебаний математического маятника длиной 1 м на Луне при малых углах отклонения?
- Получите уравнение движения математического маятника.?
- Выведите расчетную формулу. При каких условиях она выполняется?

7. Лабораторная работа № 14: Определение коэффициента упругости пружины

Цель работы:

1. Определение коэффициент упругости пружины статическим методом
2. Определение коэффициент упругости пружины динамическим методом.
3. Отработка навыка проведения косвенных измерений и оценка их погрешностей.

Приборы и принадлежности: пружина на кронштейне, набор грузов, секундомер, линейка.

Контрольные вопросы:

- Сформулируйте закон Гука для деформации сжатия или растяжения пружины.
- Каков физический смысл коэффициента упругости (коэффициента жесткости) “ k ”?
- Какие колебания называются гармоническими? При каких условиях груз на пружине будет совершать гармонические колебания.
- Что называется периодом колебаний? частотой? фазой колебаний?
- Результаты оформите аналогично предыдущему заданию.
- Выведите уравнение движения пружинного маятника при отсутствии сил сопротивления.
- От чего зависит период колебаний пружинного маятника

8. Лабораторная работа № 15: Изучение свободных колебаний пружинного маятника

Цели работы:

1. Убедиться в затухающем характере свободных колебаний пружинного маятника.
2. Определить коэффициент затухания, логарифмический декремент затухания, коэффициент сопротивления среды, добротность и время релаксации пружинного маятника.
3. Отработка навыка проведения косвенных измерений и оценка их погрешностей.

Приборы и принадлежности: пружинный маятник, отсчётное устройство (линейка), сосуд с водой, секундомер.

Контрольные вопросы:

- Дайте определение свободных колебаний.
- Какие колебания называются собственными
- Какие колебания называются гармоническими? Запишите уравнение гармонических колебаний.
- Какие условия должны выполняться, чтобы в системе возникли гармонические колебания?
- Какие колебания называются затухающими? Выведите уравнение затухающих колебаний.
- Что называют коэффициентом затухания?
- Что называют логарифмическим коэффициентом затухания?

9. Лабораторная работа № 16: Исследование законов колебаний физического маятника

Цели работы:

1. Изучить законы колебаний физического маятника.
2. Определить период колебаний физического маятника.
3. Отработка навыка проведения косвенных измерений и оценка их погрешностей.

Приборы и принадлежности: секундомер, метровая линейка, стержень с дисками, шарик на нити.

Контрольные вопросы:

- Дайте определение физического маятника.
- Получите уравнение движения физического маятника. Как направлен вектор углового перемещения $\vec{\alpha}$, если маятник движется от положения равновесия? Как направлен при этом вектор \vec{M} момента силы тяжести?
- Выведите формулу (7.6). При каких условиях она справедлива?
- От чего и как зависит период колебаний физического маятника? Что называют центром качаний физического маятника?
- Приведите примеры колебаний в природе и технике.

10. Лабораторная работа № 11: **Определение моментов инерции твердых тел методом колебаний**

Цели работы:

1. Экспериментально определить момент инерции твердого тела правильной геометрической формы.
2. Закрепить навыки обработки результатов эксперимента

Приборы и принадлежности: маховик с грузом, штангенциркуль, металлическая линейка, секундомер.

Контрольные вопросы:

1. Какое свойство тела выражает момент инерции и как он вычисляется для материальной точки и системы материальных точек? В каких единицах он измеряется в СИ?
2. Сформулируйте теорему Штейнера. Как она используется в данной работе?
3. Объясните, из каких соображений в данной работе выбирается число значащих цифр после запятой при округлении результатов вычислений.
4. В чём заключается физический принцип определения момента инерции методом колебаний?
5. Поясните на чертеже смысл формулы $a = l - \frac{D_1 + D_2}{2}$.
6. Пояснить смысл формулы (11.9). Что такое центр масс?
7. Изменится ли конечный результат, если маховик сделать из другого материала?
8. Как изменятся величины в расчетной формуле, если цилиндрический груз прикрепить выше прежнего положения?

3 семестр

1. Лабораторная работа № 1: **Измерение эффективного диаметра и средней длины свободного пробега молекул газа**

Цели работы:

1. Вычислить значения эффективного диаметра и средней длины свободного пробега молекул воздуха.
2. Изучить метод вычисления этих величин, основанный на использовании явления вязкости среды.
3. Приобрести навыки работы с термометром, барометром и жидкостным манометром.
4. Закрепить навыки работы с электронными весами и секундомером.
5. Закрепить навыки обработки результата косвенного вычисления в случае проведения опытов при одинаковых условиях.

Приборы и принадлежности: термометр, барометр, жидкостный манометр, электронные весы, секундомер, сосуд с капилляром, две стеклянные колбы.

Контрольные вопросы:

- Что такое эффективный диаметр молекулы? От чего зависит его значение? Каково значение d по порядку величины? Чему равно справочные значения эффективного диаметра молекул азота и кислорода?
- Что такое средняя длина свободного пробега молекулы? От чего зависит ее значение? Оцените значение λ молекул азота и кислорода при нормальных условиях.
- Какая величина – λ или d – больше и во сколько раз?
- Постройте графики зависимости $\lambda(T)$ в случаях, когда с определенной массой газа осуществляется процесс: а) изохорный, б) изобарный, в) изотермический. (Учесть область технического вакуума).
- Чем объясняется различная зависимость $\lambda(T)$ в состояниях технического вакуума и далекого от него (т. е. при $p > p_{\text{вак}}$)?
- Опишите явления вязкости газа. Что называют коэффициентом вязкости? Каков его физический смысл? В каких единицах он измеряется в СИ?

- Что произойдет с молекулами воздуха, если: а) его вязкость увеличится; б) повысится температура; в) понизится влажность воздуха?
- Опишите метод, используемый в данной работе для вычисления значений λ и d (с выводом расчетных формул).
- Почему в этой работе струя воды превращается в капли?

2. Лабораторная работа № 3: Измерение адиабатической постоянной газа

Цели работы:

1. Получить представление об адиабатическом процессе.
2. Вычислить значение адиабатической постоянной воздуха.
3. Сформировать представление о теплоемкости газа с точки зрения классической теории теплоемкости.
4. Изучить метод Клемана и Дезорма.
5. Приобрести навыки обработки результатов косвенного измерения при проведении опытов в различных начальных условиях.

Приборы и принадлежности: жидкостный манометр, ручной насос, большой стеклянный сосуд с пробкой и влагопоглотителем, соединительные трубки с вентилями.

Контрольные вопросы:

- Сформулируйте первое начало термодинамики. Что характеризуют величины Q и A : состояние системы или совершаемый ею процесс? Можно ли говорить об "изменении" этих величин?
- Что такое адиабатический процесс и каковы его особенности по сравнению с изопроцессами? Примените первое начало термодинамики к адиабатическому процессу.
- Выведите дифференциальное уравнение для адиабатического процесса и найдите его решение.
- Какие параметры состояния системы изменяют при адиабатическом процессе? Какими уравнения описывается взаимосвязь между изменяющимися параметрами? Вывести уравнения Пуассона в различных переменных.
- Что называют адиабатической постоянной? Какие теоретические значения принимает эта величина в случаях газа: а) одноатомных молекул; б) двухатомных молекул; в) трех- и многоатомных молекул?
- Из какого типа молекул состоит воздух (в процентном содержании) и какие значения γ ожидаете получить в данной работе? Как изменилось бы значение γ если молекулы воздуха начнут диссоциировать?
- Что такое теплоемкость? Каков физический смысл этой величины? В каких единицах СИ измеряется молярная теплоемкость (удельная теплоемкость)? Что характеризует теплоемкость: состояние системы или совершаемый ею процесс?
- Найдите значения молярных изобарной и изохорной теплоемкостей идеального газа, состоящего из: а) одноатомных молекул; б) двухатомных молекул; в) трех- и многоатомных молекул? Зависит ли теплоемкость от температуры согласно классической теории и в реальной ситуации?
- Опишите метод Клемана и Дезорма, используя (p, V) -диаграмму. Как технологически осуществить те процессы, которые должен совершать воздух.
- Выведите расчетную формулу, применяя (p, V) -диаграмму.

3. Лабораторная работа № 4: Изучение явления теплового объемного расширения жидкости

Цели работы:

1. Выяснить механизм теплового объемного расширения воды и масла.
2. Экспериментально получить температурную зависимость коэффициента теплового объемного расширения воды и масла, построить графики этих зависимостей.
3. Найти числовые значения этих коэффициентов.

4. Закрепить навыки построения и использования графиков при обработке результатов.

Приборы и принадлежности: две одинаковые установки с разными жидкостями (водой и техническим маслом), нагреватель (электроплитка), барометр, два листа миллиметровой бумаги, прозрачная линейка.

Контрольные вопросы:

- Опишите строение жидкости. С чем их сходство и различие по сравнению с газами и кристаллическими телами? Что такое энергия активации молекулы жидкости?
- Каков механизм теплового расширения жидкости? Что такое коэффициент теплового объемного расширения? В чем состоит физический смысл той величины? Зависит ли значение β от внешнего (атмосферного) давления?
- Объясните причину различия теплового расширения ассоциированных и простых жидкостей. Как различие между этими типами жидкостей влияет на величину β ?
- Приведите примеры проявления и использования теплового расширения жидкости в быту и производстве.
- Каковы правила построения графиков?
- Как построить график линейной зависимости методом натянутой нити?
- Как в этом случае метода натянутой нити можно вычислить случайную погрешность углового коэффициента зависимости?

4. Лабораторная работа № 11: **Определение удельной теплоты кристаллизации металла**

Цели работы:

1. Изучить явления плавления и кристаллизации.
2. Ознакомиться с методом измерения температур с помощью термопары. 3. Вычислить значение удельной теплоты кристаллизации олова.
3. Изучить метод охлаждения с использованием термопары для вычисления скрытой теплоты фазового перехода первого рода.
4. Приобрести навыки работы с многопредельным вольтамперметром.
5. Закрепить навыки графического представления результатов измерений и использования графиков.

Приборы и принадлежности: исследуемое вещество (олово) в сосуде, штатив с держателем, нагреватель (электроплитка), термопара, милливольт амперметр, соединительные провода, секундомер, график градуировки термопары, лист миллиметровой бумаги размером 20x25 см, прозрачная линейка.

Контрольные вопросы:

- В чем различие фазовых переходов первого и второго рода? Приведите примеры таких переходов.
- Используя цикл Карно, выведите уравнение Клапейрона - Клаузиуса. Зная табличное значение скрытой теплоты кристаллизации воды и значение разности удельных объемов воды и льда при 0 °С, найти на сколько понизится точка кристаллизации воды при увеличении давления на одну атмосферу.
- Изобразите на фазовой диаграмме кривые равновесия твердой и жидкой фаз, жидкой и газообразной фаз, а также тройную точку и критическую точку.
- В чем заключается сущность метода охлаждения для измерения удельной теплоты кристаллизации?

5. Лабораторная работа № 9: **Измерение скорости испарения жидкости и изменения её энтропии при этом процессе**

Цели работы:

1. Измерить скорость испарения этилового спирта и воды.
2. Вычислить изменение энтропии некоторой массы жидкости при переходе ее в пар.

3. Закрепить навыки обработки результата косвенного вычисления в случае проведения опытов при одинаковых условиях.

Приборы и принадлежности: электронные весы, этиловый спирт, дистиллированная вода, невысокий цилиндрический сосуд, термометр, штангенциркуль, секундомер.

Контрольные вопросы:

- Что называется фазой вещества?
- Как истолковать процесс испарения с точки зрения молекулярно-кинетической теории?
- Почему жидкости при испарении охлаждаются, а при кипении их температура не изменяется?
- В каком случае удельная теплота q испарения (или конденсации) равна нулю?
- Какая величина характеризует интенсивность испарения?
- 6. Почему увеличивается скорость испарения жидкости, если: жид-кость нагреть; увеличить площадь ее поверхности; уменьшить внешнее давление?
- Что называется энтропией?
- Объясните физический смысл энтропии.

6. Лабораторная работа № 10: Изучение явления теплового расширения твёрдых тел

Цели работы:

1. Изучить явление теплового расширения твёрдых тел.
2. Вычислить среднее значение коэффициента линейного расширения латуни.
3. Экспериментально проверить зависимость удлинения металлической трубки при нагревании от её первоначальной длины.
4. Закрепить навык графического представления экспериментальных данных и использования графика для вычисления и обработки результатов измерений.
5. Закрепить навык обработки результатов методом наименьших квадратов.

Приборы и принадлежности: металлические трубки, резиновые шланги, подставка со шкалой, кювета, колба, электроплитка, индикатор часового типа, барометр, термометр, лист миллиметровой бумаги, прозрачная линейка.

Контрольные вопросы:

- Что называется коэффициентом линейного и объёмного теплового расширения? Каков их физический смысл? В каких единицах измеряются их значения?
- Какова связь между величинами α и β ? Вывести формулу, выражающую эту связь. Каково значение α и β по порядку величины? Каковы табличные значения α для стали и латуни?
- Изобразите графики зависимостей от расстояния между частицами: силы притяжения; силы отталкивания; результирующей силы взаимодействия; энергии притяжения; энергии отталкивания; энергии взаимодействия. Что называется: потенциальной кривой, потенциальной ямой?
- Объясните механизм явления теплового расширения.
- Приведите примеры проявления и использования теплового расширения в быту и технике. Всегда ли при нагревании тел их размеры увеличиваются?
- В чем состоят первая и вторая части выполнения данной лабораторной работы? Опишите методы натянутой нити и наименьших квадратов для вычисления углового коэффициента a .
- Выведите расчетную формулу для вычисления значения α .
- Сформулируйте правила округления результатов косвенных измерений при различных математических операциях, а также правила считывания показаний индикатора, термометра, барометра.

7. Лабораторная работа № 13: Определение влажности воздуха и точки росы

Цели работы:

1. Измерить влажность воздуха.
2. Определить точку росы.

3. Приобрести навыки работы с гигрометром и психрометром.
4. Приобрести навыки использования психрометрической таблицы и таблицы давления (плотности) насыщенного пара.
5. Закрепить навыки обработки результатов при проведении эксперимента в одинаковых условиях.

Приборы и принадлежности: психрометр Ассмана (аспирационный), психрометр Августа, волосной гигрометр, гигрометр конденсационный.

Контрольные вопросы:

- Что такое ненасыщенный и насыщенный пар? Как зависит давление насыщенного пара от объема и от температуры? Объясните эти зависимости.
- Изобразите в координатах (V , p) изотермы реального газа при разных температурах. Объясните их. Укажите на диаграмме области: однофазные состояния "пар" (газообразное состояние) и "жидкость", двухфазное состояние "пар – жидкость".
- Что такое критическое состояние, критические параметры? От чего зависят значения критических давления, объема, температуры?
- Что такое "точка росы" и как ее определить?
- Что называют абсолютной и относительной влажностью?
- Опишите устройство психрометра.
- Опишите устройство гигрометра.
- Опишите суть психрометрического метода измерения влажности воздуха.
- Что такое постоянная психрометра и как ее найти?
- Где применяются психрометры и гигрометры?

8. Лабораторная работа № 8: Измерение удельной теплоты парообразования при температуре кипения жидкости

Цели работы:

1. Изучить явления парообразования (испарение и кипение) и конденсации.
2. Вычислить значение удельной теплоты парообразования воды при температуре ее кипения.
3. Изучить калориметрический метод измерения скрытой теплоты фазового перехода первого рода.
4. Закрепить навыки обработки результатов при проведении эксперимента в различных условиях.

Приборы и принадлежности: колба с кипятильником, калориметр, небольшой сосуд, термометр, барометр, электронные весы.

Контрольные вопросы:

- Что называется скрытой теплотой фазового перехода?
- Почему скрытая теплота парообразования зависит от температуры? Каково табличное значение q для воды при $T_{\text{кип}}$?
- Чем отличается процесс поверхностного испарения жидкости от ее кипения? Опишите механизм этих процессов.
- При каком условии начинается процесс кипения?
- В чем состоит метод измерения удельной скрытой теплоты парообразования в данной лабораторной работе?
- Опишите устройство калориметра и правила пользования термометром, барометром и техническими весами.

9. Лабораторная работа № 6: Измерение коэффициента вязкости жидкости

Цели работы:

1. Изучить явление вязкости жидкости.
2. Вычислить значение коэффициента вязкости глицерина и спирта.

3. Изучить метод Стокса и метод с использованием капиллярного вискозиметра.
4. Закрепить навыки работы со штангенциркулем, микрометром и секундомером.
5. Закрепить навыки обработки результатов.

Приборы и принадлежности:

- по методу Стокса: стеклянный цилиндрический сосуд с глицерином, свинцовые и стальные шарики, микрометр, секундомер, штангенциркуль, миллиметровая линейка;
- по методу с использованием вискозиметра: капиллярный вискозиметр, секундомер, флакон с водой, флакон со спиртом, флакон с водой для промывания вискозиметра, мензурка, воронка, насос («груша»), трубка.

Контрольные вопросы:

По методу Стокса:

- Опишите явление вязкости жидкости.
- Что называют коэффициентом вязкости? В каких единицах измеряется его значение? Каков порядок величины коэффициента вязкости жидкостей? Сравните его с порядком коэффициента вязкости газов.
- Чему равен коэффициент вязкости при комнатных условиях: а) для чистого глицерина; б) для дистиллированной воды?
- Какова зависимость коэффициента вязкости от температуры в случае: а) жидкостей, б) газов? Объясните эти зависимости.
- Какие силы действуют на шарик при его движении в глицерине? Запишите уравнение движения шарика в векторной форме в проекциях на ось, вдоль которой происходит движение.
- Каков характер движения шарика: а) от поверхности глицерина до верхней метки на сосуде, б) от верхней метки до нижней метки, в) от нижней метки до дна сосуда?
- Как вычислить коэффициент вязкости по методу Стокса (вывести расчетную формулу)?
- Изменится ли значение коэффициента вязкости глицерина, если вместо стального шарика использовать свинцовый?

По методу с использованием вискозиметра:

- От каких величин зависит объем жидкости, протекающей через капиллярную трубку?
- Каким образом вычисляется значение коэффициента вязкости жидкости с помощью капиллярного вискозиметра?
- Какая из жидкостей более вязкая: вода или спирт? Каковы справочные значения коэффициентов вязкости этих жидкостей при нормальных условиях (или близких к ним)?
- Какой из методов - метод Стокса или метод капиллярного вискозиметра - даст меньшую ошибку вычисления коэффициента вязкости в процентном выражении?

10. Лабораторная работа № 7: Исследование температурной зависимости коэффициента вязкости жидкости

Цели работы:

1. Методом капиллярного вискозиметра экспериментально получить зависимость коэффициента вязкости глицерина от температуры.
2. Вычислить энергию активации молекул глицерина.
3. Закрепить навыки обработки результатов при проведении опытов в разных условиях.

Приборы и принадлежности: вискозиметр с глицерином в термостате, нагреватель, секундомер, два листа миллиметровой бумаги, прозрачная линейка.

Контрольные вопросы:

- Какова физическая сущность явления вязкости в жидкостях?
- Какой физический смысл имеет коэффициент вязкости? В каких единицах измеряется значение коэффициента вязкости?

- Как объяснить зависимость коэффициента вязкости жидкостей от температуры? В чем различие температурных зависимостей коэффициентов вязкости жидкостей и газов?
- В чем состоит метод: натянутой нити; наименьших квадратов?
- Опишите работу вискозиметра и правила пользования секундомером.

11. Лабораторная работа № 12: Изучение явления теплопроводности твёрдых тел

Цели работы:

1. Сформировать представление о теплопроводности.
2. Сформировать представление о температурном поле.
3. Изучить закон Фурье.
4. Изучить калориметрический метод определения коэффициента теплопроводности вещества.
5. Вычислить коэффициент теплопроводности сплава (латуни).
6. Закрепить навыки пользования барометром, термометром, секундомером.
7. Закрепить навыки обработки результатов измерений при проведении опытов в одних и тех же условиях.

Приборы и принадлежности: калориметрический стакан со сплавом, стаканчики со льдом, уплотнитель для льда, штатив, электроплитка, колба с трубкой, широкий сосуд для талой воды, барометр, термометр, секундомер, электронные весы, стаканчик.

Контрольные вопросы:

- Что такое теплопроводность? Опишите механизмы теплопроводности твердых тел.
- Что такое температурное поле; изотермические поверхности; градиент температуры? Т В каких единицах измеряется градиент температуры в СИ?
- Какие виды температурных полей различают? Какое температурное поле требуется создать в латунном цилиндре в данной работе?
- Имеется стержень длиной 6 м с градиентом температуры 600 К/м. Найти разность температур: между серединой стержня и его концом; между концами стержня.
- Что называется тепловым потоком; плотностью теплового потока? В каких единицах (в СИ) они измеряются? Каков физический смысл плотности теплового потока? Как направлены векторы плотности теплового потока и градиента температуры?
- Сформулируйте закон Фурье; напишите уравнение Фурье. Что означает знак "-" в уравнении Фурье?
- Дайте определение коэффициента теплопроводности и объясните его физический смысл. Что представляет собой коэффициент решеточной теплопроводности с точки зрения строения твердого тела?
- Опишите суть калориметрического метода измерения теплопроводности латуни в данной работе. Каким образом обеспечивается стационарность и одномерность температурного поля?
- Выведите расчётную формулу для вычисления экспериментального значения коэффициента теплопроводности.
- Каково табличное значение коэффициента теплопроводности латуни? Почему оно задано в виде интервала значений?

4 семестр

1. Лабораторная работа № 1: Экспериментальное изучение обобщенного закона Ома

Цели работы:

1. Изучить зависимость между током и разностью потенциалов на участке цепи.
2. Определить электродвижущей силы источника тока и сопротивления участка цепи..
3. Приобрести навыки работы с многопредельными вольтметром и амперметром.
4. Закрепить навыки применения графического метода при обработке результатов.

Приборы и принадлежности: аккумулятор, вольтметр, миллиамперметр, резисторы, ключ, переключатель, регулируемый источник тока, соединительные провода.

Контрольные вопросы:

- Сформулируйте обобщенный закон Ома для участка цепи, для замкнутой неразветвленной цепи. Каковы правила знаков при записи уравнений, выражающих эти законы?
- При каких условиях в цепи будет существовать постоянный электрический ток? Какова роль источника тока в цепи?
- Какие силы называются сторонними? Приведите примеры сторонних сил.
- В чем существенное различие понятий: разность потенциалов, ЭДС источника и напряжение (или падение напряжения) на участке цепи?
- Объясните физический смысл точек пересечения графика зависимости с осями координат.
- Почему графики для одного сопротивления, но разных полярностей подключения источника ЭДС оказываются параллельными друг другу?
- В чем состоит метод наименьших квадратов для проведения наилучшей прямой по экспериментальным точкам

2. Лабораторная работа № 2: Исследование зависимости полной мощности, полезной мощности и к.п.д. источника от нагрузки

Цели работы:

1. Изучение зависимости полной мощности, полезной мощности и коэффициента полезного действия (КПД) источника от тока (сопротивления) нагрузки.
2. Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника.
3. Приобрести навыки работы с многопредельными вольтметром и амперметром.
4. Закрепить навыки применения графического метода при обработке результатов.

Приборы и принадлежности: исследуемый источник, вольтметр, амперметр, магазин сопротивлений, ключ, соединительные провода.

Контрольные вопросы:

- Какую роль в электрической цепи играет источник тока?
- Что такое ЭДС и внутреннее сопротивление источника?
- Какой наибольший ток может дать источник?
- Что называется полной мощностью, полезной мощностью, мощностью потерь и КПД источника?
- Как зависит полная мощность, полезная мощность и КПД источника от тока нагрузки?
- Как обеспечить наибольшую полезную мощность источника? Каков при этом КПД источника?
- Когда КПД источника достигает максимального значения?
- Где на практике применяются режим согласованной нагрузки и режим с наибольшим возможным КПД?
- Как зависит полезная мощность, полная мощность, КПД источника и напряжение на его зажимах от сопротивления нагрузки? Постройте графики для этих зависимостей.

3. Лабораторная работа № 3: Определение ёмкости конденсатора посредством баллистического гальванометра

Цели работы:

1. Ознакомиться с баллистическим методом определения ёмкости конденсатора.
2. Экспериментально проверить законы параллельного и последовательного соединения конденсаторов.
3. Приобрести навык работы с баллистическим гальванометром.
4. Закрепить навыки обработки результатов, полученных в одинаковых условиях.

Приборы и принадлежности: баллистический гальванометр, источник тока, магазин емкостей, два конденсатора неизвестной емкости на колодках, ключ, переключатель, соединительные провода.

Контрольные вопросы:

- Что такое конденсатор? Какие бывают конденсаторы?

- Что называется емкостью конденсатора? В чем она измеряется?
- Напишите формулу емкости плоского конденсатора.
- Какую роль играет диэлектрик в конденсаторе?
- Для чего нужны конденсаторы? Где они используются?
- Как ведут себя заряды, напряжения и емкости батарей при параллельном и последовательном соединении конденсаторов?
- Какой наибольший заряд можно поместить на пластины конденсатора? Что нужно знать для ответа на этот вопрос?
- Почему напряжение на пластинах заряженного конденсатора нельзя просто измерить с помощью обычного вольтметра?
- На чем основан используемый в данной работе метод измерения емкости конденсатора?
- Изобразите наибольшее возможное число различных способов соединения четырех одинаковых конденсаторов.
- Имеются три одинаковых конденсатора. Как их нужно соединить, чтобы: а) заряд на обкладках батареи был наибольшим; б) напряжение на батарее было наибольшим?
- Каким образом можно повысить точность измерения емкости конденсатора работе?
- Чем определяются предельные значения емкостей конденсаторов (наибольшее и наименьшее), которые могут быть измерены на данной установке? Можно ли расширить эти пределы?
- Укажите названия и назначения отдельных элементов схемы.
- Как изменится емкость плоского воздушного конденсатора, если его геометрические размеры увеличить в 10 раз?
- Два одинаковых конденсатора соединены последовательно. Как изменится емкость этой батареи, если расстояние между пластинами одного конденсатора в два раза увеличить, а расстояние между пластинами другого конденсатора в два раза уменьшить?
- Почему конденсаторы не используются в качестве источника энергии в автомобилях?

4. Лабораторная работа № 4: Измерение сопротивления при помощи моста Уитстона

Цели работы:

1. Изучить метод определения сопротивления резистора с помощью моста Уитстона.
2. Проверить правила последовательного и параллельного соединения резисторов.
3. Определить удельное сопротивление проволоки.
4. Закрепить навыки работы с электроизмерительными приборами.
5. Закрепить навыки обработки результатов, полученных в одинаковых условиях опыта.

Приборы и принадлежности: магазин сопротивлений, нуль-гальванометр, реохорд с подвижным контактом, источник постоянного тока), ключ, соединительные сопротивления, набор измеряемых сопротивлений, магазин сопротивлений, декада сопротивлений, микрометр, линейка.

Контрольные вопросы:

- Дайте определение электрического тока. Чему равна сила и плотность тока?
- Расскажите об устройстве и принципе работы моста постоянного тока.
- Сформулировать правила Кирхгофа и условия их применения.
- Что такое «баланс моста»? Вывести расчетную формулу для определения сопротивления с помощью моста Уитстона.
- Выведите расчетную формулу для определения результирующего сопротивления при последовательном соединении трех сопротивлений.
- Выведите расчетную формулу для определения результирующего сопротивления при параллельном соединении четырех сопротивлений.

5. Лабораторная работа № 18: Определение горизонтальной составляющей магнитного поля Земли

Цели работы:

1. Экспериментально определить горизонтальную составляющую индукции магнитного поля Земли.
2. Познакомиться с методом определения вектора индукции магнитного поля Земли с использованием тангенс-гальванометра.
3. Приобрести навыки работы с тангенс-гальванометром.
4. Закрепить навыки обработки результатов, полученных в разных условиях.

Приборы и принадлежности: тангенс-гальванометр, амперметр, реостат, двойной переключатель, соединительные провода.

Контрольные вопросы:

- При каких условиях в пространстве существует магнитное поле? Как его можно обнаружить?
- Что называется индукцией магнитного поля? Напряженностью магнитного поля? В каких единицах они измеряются?
- Как проводятся линии индукции магнитного поля? Нарисуйте линии индукции прямолинейного тока, кругового тока, соленоида.
- В чем суть метода определения горизонтальной составляющей магнитного поля Земли?
- Сравните полученные в эксперименте значения B и H с встречающимися в природе и в технике.
- При каких условиях магнитное поле Земли может изменяться? Влияет ли магнитное поле Земли и его изменения на растения, животных, человека?

6. Лабораторная работа № 19: Определение кривой намагничивания железа по методу Столетова

Цели работы:

1. Изучить явление магнитного гистерезиса.
2. Построить кривую намагничивания железа.
3. Построить график зависимости магнитной проницаемости железа от напряжённости МП.
4. Закрепить навык работы с баллистическим гальванометром.
5. Закрепить навык обработки результатов измерений при разных условиях опыта.

Приборы и принадлежности: баллистический гальванометр, амперметры, железный тороид с двумя обмотками, источник тока, магазин сопротивлений, соединительные провода.

Контрольные вопросы:

- Укажите физический смысл векторов индукции и напряженности магнитного поля.
- Опишите связь векторов индукции, напряженности и намагничивания.
- Опишите метод изменения магнитного поля с помощью баллистического гальванометра.
- Как классифицируются магнетики по своим свойствам?
- В чем состоит явление магнитного гистерезиса? Как оно используется?
- В чем состоит явление электромагнитной индукции?

7. Лабораторная работа № 17: Изучение последовательной цепи переменного тока

Цели работы:

1. Изучение законов последовательной цепи переменного тока, состоящей из активного сопротивления, конденсатора и катушки индуктивности.
2. Исследование участка цепи переменного тока с различными значениями активного сопротивления, ёмкости и индуктивности.
3. Приобрести навык работы с ваттметром.
4. Закрепить навыки работы с многопредельными электроизмерительными приборами.

Приборы и принадлежности: источник переменного тока (220 В, 50 Гц), автотрансформатор (ЛАТР), амперметр, вольтметр, ваттметр, электрическая лампа (активное сопротивление), дроссель (катушка индуктивности с замкнутым ферромагнитным сердечником), конденсатор, ключи, соединительные провода.

Контрольные вопросы:

- Что называют переменным током?
- Запишите уравнения, которые определяют колебания силы тока и напряжения в цепи переменного тока.
- Что называют мгновенным значением силы тока и напряжения? амплитудным и действующим значениями? Как связаны между собою амплитудное и действующее значение силы тока, напряжения?
- Как записывается закон Ома для последовательной цепи переменного тока?
- Что называют активным, емкостным и индуктивным сопротивлениями цепи переменного тока?
- Как найти полное сопротивление цепи переменного тока?
- Как определить мощность, выделяющуюся на участке цепи переменного тока?
- Почему $\cos(\varphi)$ называют коэффициентом мощности? Зачем и как на практике стремятся к его повышению?
- Расскажите, как в данной лабораторной работе определялись полное, активное и реактивное сопротивления цепи переменного тока, а также сдвиг фаз между током и напряжением.
- Расскажите, как в данной лабораторной работе определялись индуктивность и активное сопротивление катушки, а также емкость конденсатора.
- Объясните результаты, полученные в лабораторной работе для различных участков цепи переменного тока.

8. Лабораторная работа № 12: Градуировка термопары и определение её термоЭДС

Цели работы:

1. Построить кривую градуировки термопары в диапазоне температур от температур от 0°C до 100°C .
2. Определить ЭДС термопары.
3. Закрепить навыки работы с термометром и многопредельными электроизмерительными приборами.
4. Закрепить навыки обработки результатов измерений при разных условиях опыта.

Приборы и принадлежности: термопара константан-железо, теплоизолированный сосуд со льдом, колба с дистиллированной водой, электроплитка, термометр, милливольтметр, магазин сопротивлений, штатив, соединительные провода, лист миллиметровой бумаги, линейка.

Контрольные вопросы:

- Какие существуют термоэлектрические явления?
- В чем заключается явление эффекта Зеебека?
- В чем заключается явление эффекта Пельтье?
- В чем заключается явление эффекта Томсона?
- Каковы закономерности возникновения и величины термоЭДС?
- Какие основные термопары используются для измерения температуры в различных диапазонах?
- От чего зависит знак термоЭДС?

5 семестр

1. Лабораторная работа № 1: Определение радиуса кривизны линзы с помощью колец Ньютона

Цели работы:

1. Наблюдение интерференционных полос равной толщины в виде колец Ньютона.
2. Определение радиуса кривизны стеклянной линзы.
3. Приобретение навыков работы с микроскопом.
4. Закрепить навыки обработки результатов измерений при разных условиях опыта.

Приборы и принадлежности: микроскоп, источник света, светофильтр, объективный микрометр, плосковыпуклая линза и плоскопараллельная пластинка.

Контрольные вопросы:

- Что такое интерференция?
- Что называют интерференционной картиной?
- Какие существуют методы получения интерференционных картин?
- Какие существуют схемы (помимо применения лазера) получения интерференционной картины?
- Изобразите ход лучей в схеме «кольца Ньютона». Какие лучи когерентны и почему?
- Для чего в этой схеме нужна плоско-выпуклая линза с большим радиусом кривизны?
- Вывести формулы для радиусов тёмных и светлых колец в отраженном и проходящем свете.
- Предложите обоснование и вывод расчетной формулы для радиуса кривизны линзы.
- Предложите для определения радиуса кривизны линзы графический метод.
- Как меняется расстояние между кольцами с удалением от их центра?
- Что должно произойти с кольцами Ньютона, если между пластинкой и линзой налить воду?

2. Лабораторная работа № 2: Исследование временной когерентности излучения

Цели работы:

1. Изучение влияния временной когерентности излучения различных источников света на видимость интерференционной картины.
2. Оценка ширины спектрального интервала излучения.
3. Закрепление навыка работы с микроскопом.

Приборы и принадлежности: микроскоп, система пластинка-линза для наблюдения колец, светофильтр, различные источники света.

Контрольные вопросы:

- Что такое когерентность?
- При каких условиях лучи света когерентны?
- Является ли солнечный свет, свет от ламп когерентным? Почему?
- При каких условиях можно экспериментально наблюдать интерференционную картину?
- Выведите расчетные формулы.
- Каковы возможные причины различия полученных результатов для разных источников света?
- Как обеспечивается когерентность лучей в случае квантовых генераторов (лазеров)?

3. Лабораторная работа № 3: Определение длины световой волны с помощью бипризмы Френеля

Цели работы:

1. Наблюдение интерференционной картины.
2. Определение длины световой волны.
3. Приобрести навыки работы с оборудованием на оптической скамье.
4. Закрепить навыки обработки результатов измерений.

Приборы и принадлежности: источник света, светофильтр, щель, оптическая скамья, бипризма, собирающая линза, окулярный микрометр, линейка.

Контрольные вопросы:

- В чем заключается метод деления волнового фронта?
- Изобразите ход лучей в схеме «бипризма Френеля».
- В чём сходство схемы бипризмы Френеля со схемой бисеркала Френеля и схемой Юнга?
- Выведите условия максимумов и минимумов интерференции для этой схемы.
- Каковы условия наблюдения интерференционной картины в данном опыте?
- Как устроен окулярный микрометр?
- Каков диапазон длин волн (или частот) видимого света?

- Какие ещё диапазоны длин волн электромагнитного излучения существуют?

4. Лабораторная работа № 11: **Определение показателя преломления стеклянной пластинки при помощи микроскопа**

Цели работы:

1. Изучить метод измерения кажущейся толщины стеклянной пластинки.
2. Определить показатель преломления стеклянной пластинки.
3. Закрепить навыки работы с микроскопом.
4. Закрепить навыки обработки результатов измерений.

Приборы и принадлежности: микроскоп, набор пластин, микрометр.

Контрольные вопросы:

- Что называют показателем преломления вещества?
- Каков физический смысл показателя преломления?
- Каковы справочные значения показателя преломления для стёкол?
- Выведите закон преломления света на плоской границе двух диэлектриков на основе электромагнитной теории света.
- Изобразите ход световых лучей в стеклянной пластинке.
- Выведите расчетную формулу для показателя преломления в данной работе.

5. Лабораторная работа № 12: **Исследование зависимости показателя преломления воздуха от давления**

Цель работы:

1. Измерить показатель преломления воздуха.
2. Ознакомиться с методом интерферометрического исследования зависимости показателя преломления воздуха от давления.
3. Получить навык работы с интерферометром.

Приборы и принадлежности: интерферометр ИТР-1, сильфон, вакуумметр, барометр.

Контрольные вопросы:

- Опишите метод исследования в данной работе.
- Объясните возникновение интерференции от двух щелей.
- Почему нулевая полоса картины не имеет окраски?
- Как устроен интерферометр ИТР-1?
- Почему и куда смещается интерференционная картина?
- Каков физический смысл показателя преломления?
- Как в природе проявляется зависимость показателя преломления от давления?

6. Лабораторная работа № 6: **Определение длины световой волны при помощи дифракционной решетки**

Цели работы:

1. Наблюдение дифракции "белого" света на периодической структуре (дифракционной решетке).
2. Определение постоянной дифракционной решетки и её спектральных характеристик.
3. Определение длины волны одной из составляющей "белого" света.
4. Закрепление навыков обработки результатов измерений.

Приборы и принадлежности: оптическая скамья, источник света, экран со шкалой и щелью, дифракционные решётки, линейка.

Контрольные вопросы:

- Какую тип дифракции наблюдается в данной работе?
- Выведите условие наблюдения главных максимумов.
- При какой длине видимого света волны полосы дифракционной картины и расстояния между ними наиболее широкие? Почему?
- Почему в центре дифракционной картины наблюдается белая полоса?

- Почему полосы более высокого порядка становятся мене яркими?
- Какой вид приобретет дифракционная картина в монохроматическом свете?
- Чем отличается дифракционный спектр от спектра призмы?
- Какие существуют характеристики дифракционной решётки?
- Сравните спектральные характеристики имеющихся дифракционных решёток.
- Как можно изменить характеристики решетки?

7. Лабораторная работа № 4: Дифракция лазерного излучения

Цели работы:

1. Наблюдение дифракции на различных объектах с использованием лазера.
2. Расчет дифракционных картин.
3. Приобретение навыка работы с лазером.

Приборы и принадлежности: гелий-неоновый лазер, оптическая скамья, линза, набор объектов для дифракции, экран.

Контрольные вопросы:

- Особенности лазерного излучения.
- Виды дифракции и способы их наблюдения.
- Метод зон Френеля.
- Применение спирали Френеля для объяснения наблюдаемых картин.
- Как в данной работе наблюдать дифракцию Фраунгофера?
- Условия максимумов и минимумов для дифракционной картины в методе Френеля.

8. Лабораторная работа № 7: Экспериментальная проверка закона Малюса

Цели работы:

1. Получение поляризованного света.
2. Исследование поляризующей способности поляроида.
3. Проверка закона Малюса.
4. Приобретение навыка работы с поляризатором.
5. Закрепление навыков применения графического метода представления экспериментальных данных.

Приборы и принадлежности: поляроиды, осветитель, гальванометр, штатив, провода, лист миллиметровой бумаги, линейка, калькулятор.

Контрольные вопросы:

- Что такое поляризованный свет?
- Каковы способы поляризации света?
- Как устроен поляризатор в данной работе?
- Какова цена деления шкалы поляризатора?
- Выведите закон Малюса.
- Какая физическая величина заменяет в данной работе величину интенсивности света?
- Каким методом проверяется закон?
- Где применяется поляризованный свет?

9. Лабораторная работа № 5: Исследование дисперсии стеклянной призмы

Цели работы:

1. Исследование нормальной дисперсии.
2. Измерение угла преломления призмы.
3. Измерение угла наименьшего отклонения.
4. Приобретение навыков работы с гониометром.

Приборы и принадлежности: гониометр, стеклянная призма, ртутная лампа.

Контрольные вопросы:

- Как было обнаружено явление дисперсии?
- Что такое нормальная и аномальная дисперсия?

- Какая физическая величина характеризует дисперсию?
- Получите уравнение дисперсии и проанализируйте его.
- Что определяет дисперсия вещества?
- Какое физическое явление сопровождает аномальную дисперсию?
- Как объяснить дисперсию с точки зрения элеткронной теории Друде – Лоренца?
- Как устроен гониометр? Как проводятся измерения гониометром?

10. Лабораторная работа № 9: **Определение фокусных расстояний тонких линз**

Цель работы:

1. Изучить методы измерения фокусных расстояний тонких линз.
2. Вычислить фокусные расстояния собирающей и рассеивающей линзы.
3. Закрепить навыки обработки результатов эксперимента.

Приборы и принадлежности: оптическая скамья, осветитель, предмет, набор линз, экран, линейка.

Контрольные вопросы:

- Что такое линза?
- Какую линзу называют тонкой?
- Какие бывают типы линз в зависимости от их конструкции?
- Что такое собирающая и рассеивающая линза? Каковы их условные обозначения?
- Каковы основные характеристики линз?
- Проанализируйте формулу тонкой линзы.
- Как найти увеличение изображения, полученного с помощью линзы?
- Как меняется положение и вид изображения предмета при перемещении его из бесконечности к собирающей линзе?
- Что такое оптическая сила линзы и от чего она зависит?
- Чем суть методов вычисления фокусных расстояний линз в данной работе?

11. Лабораторная работа № 10: **Изучение оптических приборов**

Цели работы:

1. Моделирование микроскопа и зрительной трубы Кеплера.
2. Определение увеличений моделей микроскопа и зрительной трубы.

Приборы и принадлежности: микроскоп МБР-1, зрительная труба, набор линз, набор объективов и окуляров, объективный микрометр, призма, оптическая скамья, линейка.

Контрольные вопросы:

- Для чего нужен микроскоп? Опишите устройство микроскопа.
- Что такое объектив? Какие бывают типы объективов?
- Какое преимущество у зеркальных объективов?
- Какое изображение даёт объектив?
- Для чего нужен окуляр? Какое изображение он даёт?
- Изобразите ход лучей в микроскопе.
- Чему равно угловое увеличение микроскопа? Выведите формулу.
- Опишите устройство зрительной трубы Кеплера.
- Какое изображение даёт труба Кеплера?
- В чём отличие трубы Кеплера от трубы Галилея?
- Что представляет собой телескопический ход лучей?
- При каком условии достигается телескопический ход лучей в трубе Кеплера (чему равна оптическая длина L трубы телескопа)?
- Чему равно угловое увеличение телескопа, если предмет виден невооружённым глазом под углом φ ?
- Как найти угловое увеличение телескопа (зрительной трубы), зная фокусные расстояния объектива и окуляра?

- Какой знак имеет угловое увеличение трубы Кеплера, трубы Галилея?
- Каковы оптические свойства человеческого глаза?
- Как исправить недостатки зрения?

12. Лабораторная работа № 15: Основы фотометрии

Цель работы:

1. Измерение силы света.
2. Измерение освещенности, создаваемой точечным источником света.
3. Исследование светового поля.
4. Приобретение навыка работы с люксметром.
5. Закрепление навыка графического способа представления экспериментальных данных.
6. Закрепление навыка обработки измерений.

Приборы и принадлежности: фотометр Жолли, люксметр, оптическая скамья, набор ламп, установка для исследования светового поля.

Контрольные вопросы:

- Что такое фотометрия?
- Какие существуют фотометрические приборы? Что они измеряют?
- Что называют силой света? В каких единицах её измеряют?
- От чего зависит сила света? Опишите метод измерения силы света в данной работе.
- Дайте определение освещённости. В каких единицах она измеряется?
- Сформулируйте закон освещённости. От каких величин и как зависит освещённость?
- Опишите метод измерения освещённости в данной работе.
- Какие графики необходимо построить в данной работе?
- Что называют телесным углом?
- Что такое ламбертовский источник света?
- Что такое кривая видности?
- Когда освещённость поверхности Земли наибольшая?

6 семестр

1. Лабораторная работа: Исследование спектров поглощения растворов

Цели работы:

1. Изучить особенности спектра поглощения раствора.
2. Измерить коэффициент пропускания раствора молекул красителя.
3. Приобрести навыки с работой фотометра.

Приборы и принадлежности: фотометр ФМ-58, растворы красителей (диметилвиолета и фуксина), кювета с водой.

Контрольные вопросы:

- 1. Классическая и квантовая модели поглощения света веществом.
- 2. Выведите закон Бугера.
- 3. Каков физический смысл коэффициента поглощения? В каких единицах он измеряется?
- Как объяснить избирательность поглощения света веществом?

2. Лабораторная работа: Измерение температуры тела неконтактным методом

Цели работы:

1. Изучение явления теплового излучения твёрдого тела.
2. Измерение температуры тела при помощи пирометра.
3. Приобретение навыка работы с пирометром.

Приборы и принадлежности: нихромовая проволока, регулятор напряжения, выпрямитель, амперметр, вольтметр, оптический пирометр, ключ, термометр, микрометр.

Контрольные вопросы:

- Что называют тепловым излучением?

- Каков энергетический спектр теплового излучения?
- Каким законам подчиняется явление теплового излучения?
- Сформулируйте закон Стефана – Больцмана.
- Получите формулу Стефана – Больцмана на основе применения формулы Планка. От каких физвеличин зависит постоянная Стефана – Больцмана?
- Сформулируйте закон Вина.
- Получите формулу Вина на основе применения формулы Планка. От каких физвеличин зависит постоянная в формуле Вина?
- Изобразите графики спектра теплового излучения тела, имеющего разные температуры.
- Выведите закон Кирхгофа.
- Что такое ультрафиолетовая катастрофа?
- Что такое пирометр?
- В чём заключается метод измерения температуры тела пирометром?

3. Лабораторная работа № 8: Изучение основных законов внешнего фотоэффекта

Цели работы:

1. Исследование вольт-амперной характеристики вакуумного фотоэлемента
2. Изучение зависимости фототока насыщения от освещённости катода.
3. Закрепление навыка применения электроизмерительных приборов.
4. Закрепление навыка применения графического способа представления опытных данных.

Приборы и принадлежности: сурьмяно-цезиевый вакуумный фотоэлемент, вольтметр, микроамперметр, выпрямитель, потенциометр, осветитель, оптическая скамья, линейка.

Контрольные вопросы:

- Что такое фотоэффект? Какие типы фотоэффекта существуют?
- Сформулируйте законы внешнего фотоэффекта.
- Трудности электромагнитной теории в объяснении фотоэффекта.
- Квантовая теория внешнего фотоэффекта.
- Какой вид имеет вольт-амперная характеристика внешнего фотоэффекта?
- От чего зависит фототок насыщения?
- По какому закону происходит увеличение фототока вдали от насыщения?
- Запишите уравнение Эйнштейна и опишите его смысл.
- Что называют красной границей фотоэффекта? От чего зависит значение красной границ?
- Где применяется внешний фотоэффект?
- Что такое вакуумный фотоэлемент, каково его устройство?

4. Лабораторная работа: Экспериментальная проверка уравнения Эйнштейна

Цели работы:

1. Изучить метод задерживающего потенциала.
2. Проверить справедливость уравнения Эйнштейна для внешнего фотоэффекта.
3. Определить красную границу для фотоэлемента.
4. Определить работу выхода фотоэлектронов для используемого фотоэлемента.
5. Графически определить постоянную Планка.

Приборы и принадлежности: монохроматор, фотоэлемент, микроамперметр, вольтметр, источники света, выпрямитель.

Контрольные вопросы:

- Гипотеза световых квантов Эйнштейна.
- Каков физический смысл постоянной Планка?
- Сформулируйте и объясните законы внешнего фотоэффекта.
- Запишите уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта и объясните смысл содержащихся в нём физвеличин.
- Что такое работа выхода электрона?

- Что называют красной границей внешнего фотоэффекта?
- Изобразите график вольт-амперной характеристики внешнего фотоэффекта и опишите механизм процессов, соответствующих участкам этого графика.
- В чём суть метода задерживающего потенциала?
- Объясните как графическим способом вычислить постоянную Планка.

5. Лабораторная работа: Градуирование призмического спектроскопа

Цели работы:

1. Наблюдение спектра атомов ртути.
2. Приобретение навыков градуировки шкалы спектроскопа в длинах волн.

Приборы и принадлежности: монохроматор, используемый как спектроскоп, ртутная лампа, спектр атомов ртути (промеренный в длинах волн).

Контрольные вопросы:

- Что такое спектр? Какие спектры бывают?
- Чем отличаются друг от друга спектр излучения и спектр поглощения?
- Каковы особенности спектров излучения атомов?
- Какова природа линейчатых спектров?
- Объясните оптическую схему монохроматора (спектроскопа).
- На каком явлении основана работа спектроскопа?
- Как работать с графиком шкалы спектроскопа?

6. Лабораторная работа: Изучение спектра атома водорода и определение постоянных Ридберга и Планка

Цели работы:

1. Наблюдение серии Бальмера в спектре атома водорода.
2. Экспериментальное определение постоянной Ридберга.
3. Экспериментальное определение постоянной Планка.

Приборы и принадлежности: монохроматор, трубка с атомарным водородом, катушка Румкорфа, выпрямитель, блок питания.

Контрольные вопросы:

- Какая модель была предложена Бором для описания строения атома?
- Сформулируйте постулаты Бора.
- В чём заключается квантовомеханический смысл боровского радиуса?
- Как практически получить спектр излучения?
- Какие спектральные закономерности атома водорода вы знаете?
- Что такое серийная формула? Какие серии существуют?
- Как появляются в квантовой теории атома водорода квантовые числа, каков их физический смысл?
- Каков смысл квантовых чисел, входящих в формулу серии Бальмера?
- Выведите формулу для постоянной Ридберга.
- Что такое катушка Румкорфа и для чего она нужна?

7. Лабораторная работа № 13: Изучение закона радиоактивного распада

Цели работы:

1. Экспериментально проверить закон радиоактивного распада.
2. Получить представление о счётчиках ионизирующего излучения

Приборы и принадлежности: счетчик ионизирующих излучений, счетчик электрических импульсов, пылесос с фильтром.

Контрольные вопросы:

- Что такое радиоактивность?
- Чем обусловлена радиоактивность воздуха
- Какие типы радиоактивных распадов существуют?

- Каковы особенности α -распада? Правило смещения, примеры распада.
- Что такое альфа-частица?
- Каковы особенности β^+ и β^- - распадов? Правила смещения, примеры распадов.
- Выведите закон радиоактивного распада.
- Изобразите график закона радиоактивного распада.
- Что называют постоянной распада? Каков её физический смысл?
- Что такое период полураспада? Каков его физический смысл?
- Как связаны между собой постоянная распада и период полураспада?
- Как регистрируют ионизирующее излучение?
- Принцип работы счётчика ионизирующего излучения?

8. Лабораторная работа № 8: Изучение работы полупроводниковых диодов

Цели работы:

1. Снятие вольт-амперной характеристики полупроводникового диода в разных режимах его работы.
2. Изучить свойства электронно-дырочного перехода полупроводника.
3. Закрепить навыки работы с электроизмерительными приборами.
4. Закрепить навык работы с графическим способом представления результатов.

Приборы и принадлежности: вольтметр, амперметр, выпрямитель, диод, нагрузочное сопротивление, ключ, потенциометр, микроамперметр.

Контрольные вопросы:

- Что такое полупроводниковый диод? Как его изготавливают?
- Как возникает собственная проводимость полупроводника? Какие частицы являются её носителями в p- и n-областях?
- Как влияют примеси на электропроводность полупроводников?
- Что такое электронно-дырочный переход?
- Как меняется концентрация основных и неосновных носителей тока в области p-n перехода?
- Каким образом подсоединяют диод к электрической цепи?
- Где применяют диоды?

Самостоятельная работа

2 семестр

Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ.
Тематические рефераты.

По теме: **Динамика**

1. Движение планет, законы Кеплера.
2. Движение тела переменной массы, космические скорости, достижения советской науки и техники в освоении космического пространства.

По теме: **Неинерциальные системы отсчета**

3. Движение материальной точки (тела) в неинерциальной системе отсчета (- в поступательно движущейся НИСО, сила инерции; - в равномерно вращающейся системе отсчёта, центробежная и кориолисова силы инерции; - общие свойства всех сил инерции; - проявление сил инерции на Земле).

По теме: **Элементы СТО**

4. Преобразования Галилея, Лоренца и следствия из них (- преобразования Галилея, инвариантность 2-го закона Ньютона и границы применимости механики Ньютона; - постулаты Эйнштейна, преобразования Лоренца и их следствия; - релятивистская форма 2-го закона Ньютона; - взаимосвязь массы и энергии; - законы сохранения в СТО).

По теме: **Механические колебания и волны**

5. Сложение колебаний
6. Стоячие волны.
7. Эффект Доплера.
8. Элементы акустики (- источники и приёмники звука; - акустическое давление; - сила звука; - звуковые волны в струнах и трубах, ; - колебания мембран; - акустический резонанс; - ультразвук).

3 семестр

Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ.
Тематические рефераты.

По теме: **Основы молекулярно-кинетической теории**

МКТ идеального газа:

1. Броуновское движение, опыты Перрена.
2. Температура. Измерение температуры, термометры, температурные шкалы.
3. Измерение скоростей молекул, опыт Штерна.

По теме: **Основы термодинамики**

4. Экспериментальное определение числа Авогадро.
5. Реальные циклы и тепловые двигатели.

По теме: **Агрегатные состояния вещества**

6. Понятие о плазме.
7. Растворы, теплота растворения, осмотическое давление.
8. Полимеры, жидкие кристаллы.

По теме: **Фазовые переходы**

9. Влажность, точка росы.
10. Сжижение газов. Эффект Джоуля-Томсона. Получение низких температур.

По теме: **Явления переноса**

11. Диффузия в жидкостях
12. Вязкость жидкостей.
13. Теплопроводность жидкостей и твёрдых тел.

4 семестр

Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ.

Тематические рефераты.

По теме: **Электростатическое поле в вакууме**

1. Опыты Милликена по определению заряда электрона.
2. Поле диполя.

По теме: **Электростатическое поле в веществе**

3. ЭП на границе раздела диэлектриков.

По теме: **Постоянный электрический ток**

4. Понятие о плазме, плазма в электрическом поле.
5. Ток в вакууме, электронные лампы.

По теме: **Магнитное поле в вакууме**

6. Движение заряженных частиц в скрещенных электрическом и магнитном полях, ускорители.

По теме: **Магнитное поле в веществе**

7. ЭП на границе раздела магнетиков.

По теме: **Электромагнитные колебания и волны**

8. Передача информации с помощью электромагнитных волн.

5 семестр

Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ.

Тематические рефераты.

По теме: **Основы волновой оптики**

1. Полосы равного наклона и равной толщины.
2. Понятие о голографии.
3. Интерференция поляризованного света.

По теме: **Взаимодействие света с веществом**

4. Вращение плоскости поляризации оптически активными средами, электрическим и магнитным полями.
5. Эффект Вавилова – Черенкова.

По теме: **Основы геометрической оптики**

6. Системы линз, оптические приборы и их аберрации.
7. Глаз как оптический прибор, недостатки зрения и их исправление.

По теме: **Основы фотометрии**

8. Скорость света и методы её измерения.

По теме: **Основы квантовой оптики**

9. Внутренний фотоэффект и его применение.

6 семестр

Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ.

Тематические рефераты.

По теме: **Вероятностный характер состояния и движения частиц**

1. Туннельный эффект.

Тема: **Основы физики атома**

2. Типы связей частиц в кристалле.
3. Применение лазерного излучения.

Тема: **Основы физики атомного ядра**

4. Основы атомной энергетики, ядерные реакторы.

Тема: **Основы физики элементарных частиц**

5. Представление о глюонах.

Тема: Элементы физики твёрдого тела

6. Электропроводность полупроводников и ее зависимость от температуры.
7. Контакт двух полупроводников, электронно-дырочный переход. Простейшие полупроводниковые приборы.

Тема: Достижения и проблемы современной физики

8. Квантовые компьютеры.

6. Критерии оценивания результатов освоения дисциплины (модуля)

6.1. Оценочные средства и критерии оценивания для текущей аттестации

Текущая аттестация проводится в форме:

- 1) ответы на вопросы практических занятий и решение задач на доске (в учебной аудитории);
- 2) контрольной работы, выполняемой по вариантам (4-6 варианта); в каждом варианте по 4 задачи на разные темы изучаемого раздела физики в данном семестре, по выбору преподавателя может проводиться письменно аудиторно или письменно заочно;
- 3) защиты лабораторных работ; при этом в случае дистанционного режима обучения – выполнения лабораторной работы на оборудовании не требуется;
- 4) выполнения тематического реферата (письменно);
- 5) в случае режима дистанционного обучения – выполнения заданий преподавателя по темам лекционных и практических занятий (задания и ответы размещаются на платформе MOODL).

Примеры

Вопросов и задач на практическом занятии

Представлены в п. 5 (раздел «Практические занятия»)

Контрольных работ

2 семестр

1. Зависимость траекторной координаты от времени при движении точки имеет вид: $s = 20 + 3t^5 + 4t$ м. Определить ускорение в момент времени 2 с.
2. Мяч брошенный со скоростью 10 м/с под углом 45° к горизонту, ударяется о вертикальную стенку, расположенную на расстоянии 3 м от точки бросания. На какой высоте от точки бросания происходит удар?
3. Снаряд массой 100 кг, летящий горизонтально вдоль железнодорожного пути со скоростью 500 м/с, попадает в вагон с песком и застревает в нем. Какую скорость получит вагон, если он двигался со скоростью 36 км/ч в направлении, противоположном движению снаряда
4. Вентилятор вращается с частотой оборотов 15 с^{-1} . После выключения он, вращаясь равнозамедленно, сделал 75 оборотов. Сколько времени прошло с момента выключения вентилятора до его полной остановки?

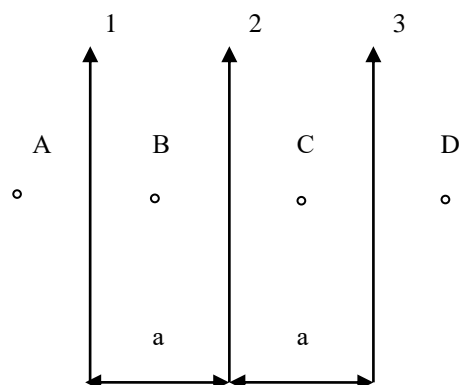
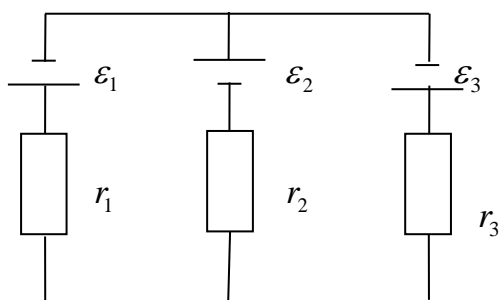
3 семестр

1. Для молекул азота при температуре 27°C определить: 1) наиболее вероятную скорость теплового движения молекул, 2) среднюю арифметическую скорость молекул, 3) среднюю квадратичную скорость.
2. Давление некоторого газа при температуре 20 °С равно $9,9 \cdot 10^4$ Па. Плотность газа $8,2 \cdot 10^{-2}$ кг/м³. Определить, какой это газ (найти молярную массу).
3. Объем идеального газа уменьшается на одно и то же значение в различных процессах: изотермическом, адиабатном, изобарном. В каком процессе работа газа максимальна, минимальна?
4. Давление воздуха внутри мыльного пузыря на 200 Па больше атмосферного. Определить диаметр пузыря. Поверхностное натяжение мыльного раствора равно 40 мН/м.

4 семестр

1. Точечные заряды 4 мкКл и –6 мкКл расположены на расстоянии 10 см друг от друга. Найдите координаты точки, в которой потенциал создаваемого этими зарядами электрического поля равен 0. Рассчитайте напряженность электрического поля в этой точке.

2. Три источника тока ($\varepsilon_1 = 2,0 \text{ В}$, $\varepsilon_2 = \varepsilon_3 = 1,0 \text{ В}$) соединены как показано на рисунке. Внутренние сопротивления источников $r_1 = r_2 = r_3 = 0,40 \text{ Ом}$. Определите токи в ветвях цепи.



3. По трем параллельным бесконечно длинным проводникам (рис.) текут одинаковые токи по 100 А. Расстояние между соседними токами $a = 20 \text{ см}$. Определите индукцию магнитного поля в точке В и силу, действующую на третий проводник. Точки А, В, С и D удалены от соседних токов на расстояние $a/2$.
4. В магнитном поле с индукцией 0,5 Тл находится квадратная рамка со стороной 10 см и сопротивлением 0,05 Ом, расположенная перпендикулярно линиям индукции магнитного поля. Какой заряд протекает через поперечное сечение рамки при повороте ее на 60° ?

5 семестр

- В опыте Юнга одна из щелей закрывается тонкой стеклянной пластинкой, в результате чего интерференционная картина смещается на пять полос. Какова толщина пластинки, если длина волны излучения 632,8 нм? Показатель преломления стекла 1,52.
- Точечный источник света с длиной волны 700 нм находится на расстоянии 2 м от экрана с круглым отверстием радиусом 0,1 см. На сколько надо передвинуть экран, чтобы на отверстии уложилось 10 зон Френеля, если при первоначальном его положении на отверстии укладывалась одна зона Френеля?
- Свет с длиной волны 535 нм падает нормально на дифракционную решетку. Найти её период, если одному из главных максимумов соответствует угол дифракции 30° и наибольший порядок спектра равен 5.
- На сколько изменяется оптическая сила глаза человека, если он переводит взгляд от книги, которую читал, на картину, висящую на расстоянии 2 м от глаза?

6 семестр

- На какую длину волны λ_m приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости $(M_{\lambda, T})_{\max}$ черного тела при температуре $t = 0^\circ \text{ C}$?
- Оценить с помощью соотношения неопределенностей минимальную кинетическую энергию электрона, локализованного в области размером $l = 0,20 \text{ нм}$.
- Сколько β -частиц испускает в течение одного часа 1,0 мкг изотопа Na^{24} , период полураспада которого равен 15 ч?
- При поочередном освещении поверхности некоторого металла светом с длинами волн $\lambda_1 = 0,35 \text{ мкм}$ и $\lambda_2 = 0,54 \text{ мкм}$ обнаружили, что соответствующие максимальные скорости фотоэлектронов отличаются друг от друга в $\eta = 2,0$ раза. Найти работу выхода с поверхности этого металла.

Лабораторных работ

Приведены выше (п. 5, раздел «Лабораторные работы»)

Тематических рефератов

Приведены выше (п. 5, раздел «Самостоятельная работа»)

Заданий (в случае дистанционного обучения)

Б1.О.25 ОЭФ

44.03.05 ПО (ФИ)

Группа _____ ФИО _____

Задание 1

Срок выполнения: _____

Литература:

[1] Айзензон, А. Е. Физика : учебник и практикум для вузов / А. Е. Айзензон. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. <https://urait.ru/bcode/450504>

[2] Никеров, В. А. Физика : учебник и практикум для вузов / В. А. Никеров. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. <https://urait.ru/bcode/450293>

[3] Трофимова, Т. И. Руководство к решению задач по физике : учебное пособие для вузов / Т. И. Трофимова. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. <https://urait.ru/bcode/449610>

[4] Физика : учебник и практикум для вузов / В. А. Ильин, Е. Ю. Бахтина, Н. Б. Виноградова, П. И. Самойленко ; под редакцией В. А. Ильина. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. <https://urait.ru/bcode/450506>

Теоретическая часть

Лекция 1

Введение

Предмет изучения физики. Методы физической науки. Связь физики с другими естественными науками.

Раздел: Механика

Механическое движение. Представление о свойствах пространства и времени в классической механике. Относительность механического движения. Понятие состояния в классической механике. Три способа описания движения. Модель материальной точки и абсолютно твердого тела.

Тема: Кинематика

Кинематика прямолинейного движения материальной точки.

Координатный и векторный способы описания прямолинейного движения материальной точки. Траектория, путь, перемещение, скорость и ускорение материальной точки. Законы (кинематические уравнения) прямолинейных равномерного и равноускоренного движений материальной точки.

Практическая часть

Занятие № 1

Тема: Кинематика

Кинематика прямолинейного и поступательного движений

Вопросы	Ответы	Ссылка [...], с....
Что изучает физика, механика, кинематика?
Что называют материальной точкой?
Что такое система отсчета?

Что такое вектор перемещения? Всегда ли модуль вектора перемещения совпадает с пройденным путем?	...	...
Какова основная задача механики? Что значит описать движение тела?	...	...
Какие способы описания движения существуют? В чем они заключаются?	...	...
Дать определения векторов средней и мгновенной скоростей. Каковы их направления?	...	...
Что такое равномерное движение? Запишите закон этого движения. Нарисуйте графики проекций скорости и перемещения для этого движения.	...	...
Какое движение называется равнопеременным? Запишите закон этого движение. Нарисуйте графики проекций скорости и перемещения для этого движения.	...	...

Задачи

1. Прямолинейное движение точки задано уравнением: $X = -2 + 3t - 0,5t^2$. Написать уравнение зависимости скорости точки от времени. Построить график этой зависимости; найти координату и скорость точки через 2 с и 8 с после начала движения.

Выполнение:

...

2. Радиус вектор материальной точки изменяется со временем по закону $\vec{r} = 4t^2\vec{i} + 3t\vec{j} + 2\vec{k}$,
Определить: а) скорость \vec{v} ; б) ускорение \vec{a} в) модуль скорости в момент времени 2с.

Выполнение:

...

3. Тело падает с высоты 2000 м, за какое время оно пройдет последние 100 м?

Выполнение:

...

4. Тело брошено вертикально вверх со скоростью 30 м/с. На какой высоте и через, сколько времени скорость тела (по модулю) будет в три раза меньше, чем в начале подъема? Определить скорость мяча через 4 с, если он брошен вертикально вниз со скоростью 5 м/с.

Выполнение:

...

5. Тело бросили с поверхности Земли под углом α к горизонту с начальной скоростью v_0 . Пренебрегая сопротивлением воздуха найти: а) время движения; б) максимальную высоту подъёма и горизонтальную дальность полета. При каком значении угла бросания они будут равны? г) уравнение траектории $y(x)$, где y и x перемещение тела по вертикали и горизонтали соответственно; д) радиусы кривизны начала и вершины траектории.

Выполнение:

...

6. Кинематические уравнения движения двух материальных точек имеет вид: $X_1 = A_1 + V_1t + C_1t^2$ и $X_2 = A_2 + V_2t + C_2t^2$, где $C_1 = -2\text{м/с}^2$, $C_2 = 1\text{м/с}^2$. Определить: а) момент времени, для которого скорости этих точек будут равны; б) ускорения a_1 и a_2 для этого момента.

Выполнение:

...

7. Радиус вектор материальной точки изменяется со временем по закону $\vec{r} = t^3\vec{i} + 3t^2\vec{j}$, где \vec{i}, \vec{j} - орты осей X и Y. Определить для момента времени 1 с: а) модуль скорости; б) модуль ускорения.

Выполнение:

...

8. Тело падает с высоты 490 м. Определить перемещение тела за последнюю секунду падения.

Выполнение:

...

9. Тело падает с высоты 1 км с нулевой начальной скоростью. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить, какое время понадобится телу для прохождения последних 10 м пути.

Выполнение:

...

10. С башни высотой 30 м в горизонтальном направлении брошено тело с начальной скоростью 10 м/с. Определить: а) уравнение траектории тела $y(x)$; б) скорость тела в момент падения на землю; в) угол, который образует эта скорость с горизонтом в точке его падения.

Выполнение:

...

Требования к выполнению

Ответов на вопросы и решению задач на доске (в аудитории)

Ответ на вопрос должен быть кратким, но точным и исчерпывающим, при необходимости сопровождаён рисунком и/или формулой.

Решение задачи на доске:

- сначала записать кратко, что дано («Дано»...); при этом единицы измерения перевести в СИ, числовые значения записать в стандартной форме записи числа;
- затем кратко оформить вопрос задачи («Найти» ...), а если требуется найти несколько физвеличин, то на отдельной строке кратко записать соответствующий вопрос, при этом, если требуется найти векторную величину, то обозначить её соответственно;
- далее оформить решение («Решение»...):
 - * указать, о каком явлении (или законе) идет речь,
 - * сделать характерный рисунок (электрическую схему, график), соответствующий содержанию условия задачи, на котором все векторные величины должны быть указаны и подписаны, а в случае графической задачи график выполнить в соответствующем масштабе;
 - * составить систему уравнений, выражающих физические законы и связи между величинами для этой задачи,
 - * выполнить преобразование уравнений до получения расчётной формулы (т. е. получить решение в общем виде),
 - * проверить единицы измерения искомой величины в расчётной формуле,
 - * подставить числовые значения из базы данных задачи, а также с использованием необходимых справочных данных и вычислить значение искомой величины,
 - * проанализировать полученный результат с точки зрения его достоверности (из практических и бытовых наблюдений) и записать ответ («Ответ»).

Контрольной работы

В верхней строке должно быть указано: ФИО, группа, дата

Во второй строке: Контрольная работа по физике Семестр...

В третья строке: Вариант ...

Оформлять решение задач желательно в той же последовательности, как они перечислены в варианте задания.

Сначала записать текст задач.

Затем оформить «Дано», «Найти», «Решение» аналогично тем требованиям, которые описаны выше (на занятии, для аудиторной работы).

Проведения и защите лабораторных работ

До выполнения лабораторной работы, заранее подготовить шаблон отчета (на двойном листе в клетку обычной школьной тетради).

Первая строка: ФИО _____, группа _____, дата _____

Вторая строка: № _____ и название лабораторной работы _____

Блок:

- I. *Цели работы:* 1) ... (записать в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе)....., 2).....

Блок:

- II. *Приборы и принадлежности:* ... (записать в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе и фактическим наличием на рабочем столе лабораторного практикума)....,

Таблица характеристик приборов:

Название прибора	Класс точности, к	Пределы измерений по шкале		Цена деления шкалы, С	Погрешность прибора, $\delta_{пр}$
		X_{min}	X_{max}		

Блок:

- III. *Схема опыта:* ... (рисунок в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе и фактическим наличием на рабочем столе лабораторного практикума)...

Блок:

- IV. *Основные формулы:*
 ... (закон физики, с комментариями)
 ... (определение физической величины)
 ... (уравнение связи и т. п.)
 ... (расчетная формула для косвенного измерения)
 ... (формулы для вычисления погрешностей прямых и косвенных измерений).....

Блок:

- V. *Результаты измерений и их обработки:*

№	X_1 , ед. изм. (прямое измерение)	X_2 , ед. изм. (прямое измерение)	X_3 , ед. изм. (прямое измерение)	Y , ед. изм. (косвенное измерение)
1				
2				
...				
$X_{ср}$ (сред. знач.)				
σ (случ. погреш.)				
δ (систем. погреш.)				
Δ (абсол. погреш.)				
ε (относит. погреш.)				

.... (вычисления по формулам, алгоритм: формула - подстановка числовых значений – результат – округление результата, единица измерения).....

Блок:

VI. *Результаты и выводы:*

$$Y = Y_{\text{ср.}} \pm \Delta y, \quad \varepsilon_y = \dots\%$$

..... (текст выводов)...

Блок:

VII. *Ответы на контрольные вопросы:*

Вопросы	Ответы
... (вопрос из списка к лабораторной работе, см. п. 5, раздел «Лабораторные работы»)
...

На занятии:

- пройти инструктаж по технике безопасности (при первичном посещении лаборатории) и расписаться в соответствующем журнале;
- изучить имеющиеся приборы, выяснить их устройство, принцип измерений, записать необходимые данные о приборах в отчет;
- изучить необходимые плакаты, стенды в лаборатории и записать необходимые данные в отчет;
- для допуска к выполнению работы о ответить на вопросы преподавателя по приборам и технологии проведения лабораторного эксперимента, физическим основам опытов;
- во время измерений студенты могут консультироваться с преподавателем и лаборантом по технике проведения опытов;
- по окончании прямых измерений предъявить их преподавателю для контроля.

Самостоятельно (в домашних условиях) провести все необходимые расчёты для защиты работы, письменно ответить на контрольные вопросы (см. п. 5, раздел «Лабораторные работы», а также методические указания к работе). Вычисления можно делать на личном компьютере или на компьютере в лабораторной аудитории, применяя стандартные программы.

При необходимости построения графика необходимо иметь лист миллиметровой бумаги формата А4 и А5. Оси, графики, подписы выполнять только карандашом. Формат каждой оси графика должен быть выбран по стандарту (1:1, 1:2, 1:4, 1:5 и т. п.) так, чтобы рабочее поле графика имело вид прямоугольника, близкого к квадрату или немного вытянутого по горизонтали (поле в виде узкой вертикальной или горизонтальной полосы свидетельствует о неверно выбранном масштабе). Для подписей осей применять стандартный вид числа. Цифры и заглавные буквы должны быть по высоте около 7 мм, строчные буквы – около 5 мм, индексы – около 3 мм. Количество цифр вдоль осей 6-8 (можно подписывать не каждую масштабную риску). Огибающие линии проводить по экспериментальным точкам так, чтобы был учтен доверительный интервал погрешностей измерений (без изломов, плавно, с «равномерным» разбросом точек относительно линии). Если на одной и той же масштабной сетке наносить несколько графиков, то желательно выбирать разные символы для обозначения экспериментальных точек или подписывать графики (выносками).

На следующем учебном занятии в лабораторном практикуме предъявить оформленные отчеты, ответить на вопросы преподавателя для защиты работы. При необходимости выполнить повторные измерения и расчеты.

Первая строка: ФИО _____ группа _____ дата _____

Вторая строка: Реферат № _____ Семестр _____

Третья строка: Тема _____

Четвертая строка: Название ___ « ... (заглавие в соответствии со списком тематических рефератов, см. п. 5 раздел «Самостоятельная работа»)....

Пятая и далее: ... (текст, формулы, рисунки).....

Последняя (блок): Литература (список)

Оформлять тематический реферат по согласованию с преподавателем можно «от руки», или в печатном варианте. Объём эквивалентен не более 3 печ. стр., шрифт TNR 14, 1 интервал, поля – по 2. Количество рисунков и фото не должно превышать 30 % объёма реферата. Рисунки должны быть пронумерованы и подписаны (снизу, под рисунком), а в тексте в круглых скобках указан номер рисунка. При наличии таблиц их также надо составлять с номером, названием (над таблицей) и ссылкой в тексте. Каждая формула записывается на отдельной строке, в конце строки справа указывается номер формулы, в тексте можно использовать номера формул для ссылок на них. В тексте в квадратных скобках указываются номера учебников (из ЭБС ЮРАЙТ), которые использовались при подготовке реферата.

Заданий (в случае дистанционного обучения)

Требования аналогичные для ответов на вопросы и решению задач на доске (в аудитории) и в контрольной работе.

Критерии оценивания

Ответов на вопросы и решения задач на доске (в аудитории)

Оценка за ответ на вопросы может быть вставлена, если даны ответы на 3 и более вопроса из списка контрольных вопросов к практическому занятию (см.п.5, раздел «Практические занятия»):

- оценка «5» или «зачтено» (во 2 семестре), если каждый из ответов верный и полный, при необходимости сопровождён рисунком и/или формулой;
- оценка «4» или «зачтено» (во 2 семестре), если два из трех ответов верные и полные,
- оценка «3» или «зачтено» (во 2 семестре), если хотя бы один из ответов верный и полный, а другие даны с ошибками или неполные,
- оценка «2» или «не зачтено» (во 2 семестре), если ответов нет или они неверные, не полные.

Каждая задача оценивается по 5-бальной шкале или «зачтено - не зачтено» (во 2 семестре):

- оценка «5» или «зачтено» (во 2 семестре), если получено решение в общем виде, выполнена проверка наименований физвеличин и подстановка числовых значений без ошибок и неточностей;
- оценка «4» или «зачтено» (во 2 семестре), если получено решение в общем виде, выполнена проверка наименований физвеличин и подстановка числовых значений, но допущены неточности в рисунке или вычислениях искомой величины;
- оценка «3» или «зачтено» (во 2 семестре), если получено решение в общем виде, но нет проверки единиц измерений, количественного результата (или они ошибочные), есть ошибки на рисунке;
- оценка «2» или «не зачтено» (во 2 семестре), если не получено решение в общем виде (отсутствует или неверное), не зависимо от наличия оформления данных, рисунка и основных формул.

В конце семестра определяется средняя оценка за ответы на вопросы и решение задач на практических занятиях. Она учитывается при выставлении оценки на экзамене (в качестве дополнительной «рейтинговой»). Во втором семестре - общая оценка «зачтено», если были зачтены не менее 70 % задач и ответов на вопросы.

Контрольных работ

Каждая задача оценивается аналогично описанным выше критериям для задач на практических занятиях.

Итоговая оценка за контрольную работу:

- оценка «5», если имеется не более одной частной оценки «4» и остальные «5»;
- оценка «4», если имеется не более одной частной оценки «3» и остальные «4» и «5»;
- оценка «3», если имеется не более одной частной оценки «2» и остальные «3», «4», «5»;
- оценка «2», если имеется две и более частных оценок «2».

Оценка за контрольную работу учитывается при выставлении оценки на экзамене (в качестве второй дополнительной «рейтинговой»). Во втором семестре оценка «зачтено» соответствует положительной оценке по 5-бальной системе, «не зачтено» - оценке «2».

Защиты лабораторных работ

Каждая лабораторная работа выполняется и защищается в течение 2 занятий так, что количество работ соответствует в 2 раза уменьшенному числу учебных недель. Для защиты должны быть правильно выполнены все измерения, даны ответы на все контрольные вопросы.

Оценка «5» (защищено) за лабораторную работу выставляется, если в отчет аккуратно и верно оформлен, все прямые и косвенные результаты получены верно, все погрешности вычислен и округлены верно, все ответы на контрольные вопросы к лабораторной работе даны правильно.

Оценка «4» (защищено), если есть исправления в отчете, даны верные ответы на контрольные вопросы не менее 90%.

Оценка «3» (защищено), если остались неверно вычисленными или неверно округленными погрешности измерений, есть неточности в оформлении отчета, даны верные ответы на вопросы к лабораторной работе не менее 80 %.

Оценка «2» (не защищено), если неверно вычислены косвенные измерения, погрешности измерений, есть неточности в оформлении отчета или отсутствует какой-либо из его блоков, даны ответы на контрольные вопросы к лабораторной работе менее 80 %.

Итоговая оценка за все лабораторные работы в семестре, предусмотренные в соответствии с графиком занятий и расписанием:

- оценка «5», если имеется не более двух частных «4», остальные «5»;
- оценка «4», если имеется не более двух частных «3», остальные «4» и «5»;
- оценка «3», если имеется не более двух частных «2», остальные «3», «4», «5»;
- оценка «2», если имеется более двух частных «2».

Положительная итоговая оценка в семестре за весь комплекс лабораторных работ учитывается при выставлении оценки на экзамене (в качестве третьей дополнительной «рейтинговой»). Во втором семестре общая оценка «защищено» соответствует положительной оценке по 5-бальной системе, «не защищено» - оценке «2».

При неудовлетворительной оценке или «не защищено» в семестре за весь комплекс лабораторных работ необходимо подготовить и защитить их во время экзаменационной сессии на консультации. Если остаётся задолженности по лабораторным работам (более двух не защищённых), то на экзамене оценка может быть снижена вплоть до «не удовлетворительно».

Тематических рефератов

Каждый конспект (реферат) оценивается по 5-бальной шкале в зависимости от полноты описания изучаемого явления.

- оценка «5», если представлено общее описание физического явления, содержатся необходимые рисунки (чертежи), содержатся основные формулы; приведены примеры применения изучаемого физического явления, выполнены требования по оформлению реферата;
- оценка «4», если представлено общее описание физического явления, содержатся необходимые рисунки (чертежи), содержатся основные формулы; могут отсутствовать примеры применения изучаемого физического явления, имеются несущественные нарушения требований по оформлению реферата (например, неверно указаны номера рисунков, таблиц, ссылок, формул);

- оценка «3», если представлено общее описание физического явления, нет или мало рисунков, формулы или в них есть ошибки; могут отсутствовать примеры применения изучаемого физического явления, имеются несущественные нарушения требований по оформлению реферата (например, неверно указаны номера рисунков, таблиц, ссылок, формул);
- оценка «2», если не раскрыто содержание темы, нет рисунков, формул, а также ссылок на источники.

Итоговая оценка за все тематические рефераты в семестре:

- оценка «5», если имеется не более двух частных «4», остальные «5»;
- оценка «4», если имеется не более двух частных «3», остальные «4» и «5»;
- оценка «3», если имеется не более двух частных «2», остальные «3», «4», «5»;
- оценка «2», если имеется более двух частных «2».

Положительная итоговая оценка в семестре за весь комплекс тематических рефератов учитывается при выставлении оценки на экзамене (в качестве третьей дополнительной «рейтинговой»). Во втором семестре оценка «зачтено» соответствует положительной оценке по 5-бальной системе, «не зачтено» - оценке «2».

Заданий (в случае дистанционного обучения)

Аналогичные критериям для ответов на вопросы и решению задач на доске (в аудитории) и в контрольной работе.

6.2. Оценочные средства и критерии оценивания для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине «Физика» в каждом семестре состоит из зачёта или экзамена в соответствии с учебным планом.

Зачёт во 2 семестре состоит в выполнении решений задач, лабораторных работ и самостоятельной работы по предложенным учебным вопросам.

Экзамен за 3 семестр студенты сдают по вопросам билета, им предоставляется возможность подготовки письменного ответа, а затем – устного ответа на вопросы билета.

Экзамен 4, 5 и 6 семестрах допустимо проводить по темам, при этом в билетах можно указать или не указывать вопросы, которые обязательно надо изложить при раскрытии темы. Студент отвечает материал темы устно, пользуясь заранее написанным собственным планом изложения темы. В план не допускается включать определения, выводы формул и сами формулы, за исключением особо сложных, по согласованию с преподавателем. В процессе экзамена преподаватель дает студенту право выбрать форму ответа: а) сначала по плану выполнить письменный ответ и затем устно ответить, б) отвечать по плану без предварительной письменной подготовки. Для решения задачи имеется возможность поступить аналогичным образом: а) сначала письменно решить и затем рассказать решение задачи, б) решать задачу без подготовки непосредственно во время ответа по билету, сопровождая соответствующими записями.

В качестве дополнительных вопросов используются контрольные вопросы и/или задачи для самостоятельного решения (см. п. 5, раздел «Практические занятия»).

Тест к зачету и вопросы к экзаменам

2 семестр

Пример тестового задания представлен далее.

3 семестр

1. Предмет молекулярной физики и термодинамики. Агрегатные состояния вещества. Основные методы изучения вещества. Физические модели. Представление о тепловом движении частиц и внутренней энергии вещества.

2. Основные утверждения МКТ. Основные микропараметры частиц. Процесс взаимодействия частиц при тепловом движении.
3. Основные законы теплового движения: основное уравнение МКТ; теорема о равномерном распределении энергии. Температура как мера энергии, измерение температуры и температурные шкалы.
4. Статистические распределения молекул: распределения Максвелла и распределение Больцмана.
5. Основные понятия термодинамики. Общее начало термодинамики.
6. Нулевое начало ТД (термическое и калорическое уравнения состояния идеального газа). Закон Авогадро и закон Дальтона как следствия из уравнения Менделеева - Клапейрона.
7. Первое начало ТД и его применение к изохорному; изобарному; изотермическому; адиабатическому процессам.
8. Круговые процессы. Тепловые и холодильные машины. Теоремы Карно.
9. Второе начало ТД, его статистическая трактовка и применение (вычисление энтропии в разных изопроцессах).
10. Термическое уравнения состояния реального газа, изотермы Ван-дер-Ваальса и Эндрюса. Метастабильные состояния. Калорическое уравнения состояния реального газа, работа сил притяжения молекул.
11. Строение жидкостей, ближний порядок. Поверхностное натяжение. Тепловые свойства жидкостей (испарение и кипение, смачиваемость и капиллярные явления, кристаллизация и затвердевание).
12. Строение твердых тел, анизотропия. Типы связей частиц в кристаллах. Тепловые свойства твёрдых тел (плавление, возгонка, теплопроводность).
13. Фазовые диаграммы, уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Фазовые переходы первого рода (испарение и конденсация, плавление и кристаллизация, сублимация и возгонка), тройная точка. Фазовые переходы второго рода.
14. Двухфазное состояние «пар – жидкость». Насыщенный и ненасыщенный пар. Влажность и точка росы. Критическое состояние и критические параметры.
15. Явления переноса в газах (диффузия; вязкость; теплопроводность). Зависимость коэффициентов диффузии, вязкости и теплопроводности от макропараметров состояния.

4 семестр

1. Электрическое поле в вакууме. (Источники электростатического поля. Вектор напряжённости и линии напряжённости. Расчёт напряжённости ЭП точечного заряда. Принцип суперпозиции для результирующей напряжённости. ЭП диполя и системы двух одноимённых зарядов. Потенциал. Принцип суперпозиции для суммарного потенциала. Эквипотенциальные поверхности ЭП точечного заряда, диполя, системы двух одноимённых зарядов.)
2. Электрическое поле в веществе. (Вектор индукции ЭП и его связь с вектором напряжённости. Поток вектора индукции ЭП. Теорема Остроградского – Гаусса для электростатического поля. Расчёт напряжённости ЭП заряженных сферы, шара, нити, цилиндра, плоскости, двух разноимённых плоскостей. Электрическое поле при наличии проводников. Электростатическая защита. Сегнетоэлектрики)
3. Действие электрического поля на заряды. (Связь работы ЭП для перемещения пробного заряда с его напряжённостью ЭП. Связь работы ЭП с разностью потенциалов, разность потенциалов ЭП заряженных сферы, шара, нити, цилиндра, плоскости, двух разноимённых плоскостей. Работа электростатического поля по замкнутому контуру, потенциальный характер ЭП, теорема о циркуляции. Связь работы ЭП с энергией взаимодействия зарядов, расчёт работы и потенциальной энергии ЭП, созданного точечным источником. Энергия и объёмная плотность энергии электрического поля).
4. Постоянный электрический ток. (Ток проводимости, плотность тока, её связь с носителями заряда, линия тока, сила тока. Источники тока, сторонние силы и их работа,

- электродвижущая сила. Закон Ома в интегральной форме для однородного и неоднородного участков цепи. Закон Ома для замкнутой цепи, вольт-амперная характеристика замкнутой неразветвлённой цепи. Правила Кирхгофа. Электросопротивление и электропроводимость резистора, зависимость от формы, размеров, природы и температуры резистора.)
5. Работа и мощность электрического тока. (Работа и мощность тока разных участков цепи постоянного электрического тока. КПД источника тока, его зависимость от тока и электросопротивления.)
 6. Электрический ток в разных средах. (Классическая электронная теория металлов и её трудности. Контактная разность потенциалов. Электрический ток в электролитах, электролиз, законы Фарадея, подвижность ионов в электролитах. Электрический ток в газах, ионизация, рекомбинация. Газовый разряд и его типы.)
 7. Магнитное поле в вакууме. (Магнитное поле и его источники. МП элемента тока, закон Био – Савара – Лапласа, модуль и направление вектора магнитной индукции, линии магнитной индукции, вихревой характер МП. МП движущегося заряда. Принцип суперпозиции для результирующей индукции МП проводника с током. МП прямого тока и кругового тока. Теорема Остроградского – Гаусса).
 8. Магнитное поле в веществе. (Намагничивание магнетиков, микротоки. Вектор напряжённости МП, теорема о циркуляции напряжённости МП и её применение. Магнитная восприимчивость и проницаемость. Понятие о слабых магнетиках: диа- и парамагнетиках. Сильные магнетики: ферромагнетики, антиферромагнетики, ферриты. Магнитный гистерезис. Условия на границе раздела магнетиков.)
 9. Действие магнитного поля на токи и заряды. (Закон Ампера и действие МП на элемент тока, на однородный проводник с током, сила Ампера. Взаимодействие параллельных токов одного и встречного направлений. Магнитный поток и работа МП по перемещению проводника с током. Контур с током, его магнитный момент, действие на него МП, вращающий момент. Действие МП на движущийся заряд, сила Лоренца.)
 10. Электромагнитная индукция и электромагнитное поле. (Электромагнитная индукция, закон Фарадея, правило Ленца. Генерирование переменного тока. Самоиндукция, взаимная индукция. Вихревое электрическое поле, ток смещения. Уравнения Максвелла и их физический смысл. Материальные уравнения.)
 11. Электромагнитные колебания. (Колебательный контур и свободные электромагнитные колебания. Затухающие колебания: дифференциальное уравнение, закон колебаний заряда, его амплитуда, коэффициент затухания, частота, период, декремент, время релаксации, добротность. Гармонические колебания как предельный случай слабозатухающих: колебания заряда, силы тока и разности потенциалов на участках идеального контура, преобразование электрической энергии в магнитную)
 12. Электромагнитные волны (Волновой процесс. Волновые уравнения и уравнения плоской электромагнитной волны. Поперечность колебаний напряжённости ЭП и МП, скорость, частота, период, длина волны и волновое число ЭМВ. Энергия, объёмная плотность энергии, поток энергии, плотность потока энергии и интенсивность ЭМВ. Шкала электромагнитных волн.)

5 семестр

1. Интерференция света. (Принцип Гюйгенса. Понятие о когерентности. Методы получения когерентных волн в оптике. Схема явления двулучевой интерференции. Вывод условий наблюдения максимумов и минимумов интерференции. Интерференция в тонких плёнках, пластинках и клиньях. Кольца Ньютона).
2. Дифракция (Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Спираль Френеля. Дифракция Френеля и Фраунгофера. Дифракционная решетка).
3. Поляризация света. (Понятие о естественном и поляризованном свете. Закон Малюса. Способы поляризации света и сущность каждого из них. Анализ поляризованного света.)

4. Взаимодействие света с веществом (Дисперсия. Основы электронной теории дисперсии. Поглощение и рассеяние света.)
5. Законы геометрической оптики (Принцип Ферма. Вывод законов геометрической оптики. Преломление света различными поверхностями. Призма, зеркала и тонкие линзы. Вывод формулы сферической поверхности и формулы тонкой линзы на основе принципа Ферма. Оптические приборы.)
6. Фотометрия (Световые величины и единицы их измерения. Законы освещённости. Глаз как фотометрический прибор).
7. Основы квантовой оптики. (Тепловое излучение. Фотоэффект, эффект Комптона и давление света. Корпускулярно-волновой дуализм света).

6 семестр

1. Волновые свойства частиц вещества. (Гипотеза Луи де Бройля. Опыты, подтверждающие предположение де Бройля. Волновая функция и её физический смысл. Принцип неопределённости. Частица в потенциальной яме с непроницаемыми стенками)
4. Экспериментальные данные о структуре атома (Модели атома. Спектральные закономерности атома водорода и теория Бора.)
6. Квантово-механическое описание атома водорода (Операторный метод квантовой физики. Стационарное уравнение движения квантовой нерелятивистской частицы. Квантовые числа и их физический смысл. Спин электрона. Опыт Штерна-Герлаха)
8. Многоэлектронные атомы (Принцип Паули. Электронная конфигурация атома. Периодичность свойств химических элементов. Рентгеновские спектры. Химическая связь.)
9. Физика атомного ядра (Масс-спектральный анализ и его результаты. Ядерные силы и модели ядра. Виды и законы радиоактивного излучения. Особенности различных радиоактивных превращений. Ядерные реакции и атомная энергия. Деление и синтез ядер.)
12. Физика элементарных частиц (Фундаментальные взаимодействия и основные классы элементарных частиц. Глюоны)
13. Элементы физики твёрдого тела (Понятие о зонной теории твёрдых тел. Электропроводность твёрдых тел. Эффект Холла)

Примеры теста для зачета и экзаменационных билетов

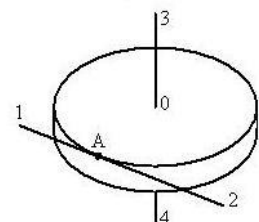
2 семестр

№ 1. Если \vec{a}_τ и \vec{a}_n – тангенциальная и нормальная составляющая ускорения, то соотношения $a_\tau = 0$, $a_n = 0$ справедливы для:

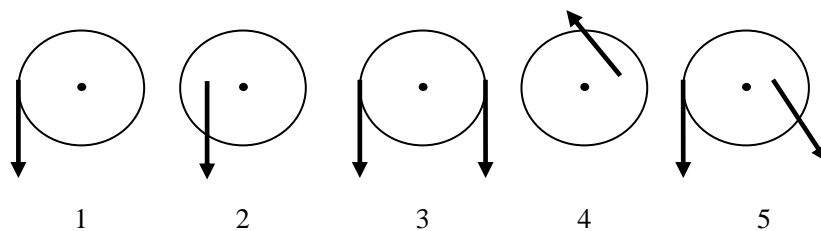
1. равномерного движения по окружности
2. прямолинейного равномерного движения
3. прямолинейного равноускоренного движения
4. равномерного криволинейного движения

№ 2. Диск радиуса R вращается вокруг вертикальной оси равноускоренно по часовой стрелке. Укажите направление вектора углового ускорения

- 1
- 2
- 3
- 4



№ 3. В каком из представленных на рисунках случаев суммарный момент всех сил, приложенных к телу, будет максимальным:



1 2 3 4 5

№ 4. Тело массой 1 кг разгоняется под действием постоянной силы из состояния покоя до скорости 4 м/с. При этом сила совершает работу:

1. 8 Дж
2. 16 Дж
3. 2 Дж
4. 4 Дж

№ 5. Уравнение движения пружинного маятника $\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{b}{m} \cdot \frac{dx}{dt} + \frac{k}{m}x = 0$ является

дифференциальным уравнением:

1. свободных затухающих колебаний
2. свободных незатухающих колебаний
3. вынужденных колебаний.

№ 6. Для продольной волны справедливо утверждение:

1. частицы среды колеблются в направлении распространения волны
2. возникновение волны связано с деформацией сдвига
3. частицы среды колеблются в направлениях, перпендикулярных направлению распространения волны.

3 семестр

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования

Смоленский государственный университет

Кафедра физики и технических дисциплин

Направление подготовки **44.03.05 Педагогическое образование**

(Профиль: **Физика и информатика**)

Дисциплина: **Б1.О.25 Общая и экспериментальная физика**

3 семестр

Экзаменационный билет № 1

1. Основные законы теплового движения (основное уравнение МКТ; теорема о равномерном распределении энергии; температура как мера энергии)
2. Кислород массой 200 г охлаждают при постоянном давлении от 400 до 300 К. Определите: количество теплоты, выделенное газом; изменение внутренней энергии; работу сжатия газа.
3. Определите концентрацию молекул кислорода, если известно, что коэффициент внутреннего трения при некоторых условиях равен $8,5 \cdot 10^{-6}$ Нс/м², а коэффициент диффузии при тех же условиях равен $1,42 \cdot 10^{-4}$ м²/с.

Завкафедрой

А.В. Дюндин

4 семестр

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования

Смоленский государственный университет

Кафедра физики и технических дисциплин

Направление подготовки **44.03.05 Педагогическое образование**

(Профиль: **Физика и информатика**)

Дисциплина: **Б1.О.25 Общая и экспериментальная физика**

4 семестр

Экзаменационный билет № 1

1. Электрическое поле в вакууме. (Источники электростатического поля. Вектор напряжённости и линии напряжённости. Расчёт напряжённости ЭП точечного заряда. Принцип суперпозиции для результирующей напряжённости. ЭП диполя и системы двух одноимённых зарядов. Потенциал. Принцип суперпозиции для суммарного потенциала. Эквипотенциальные поверхности ЭП точечного заряда, диполя, системы двух одноимённых зарядов.)

2. Колебательный контур, состоящий из плоского конденсатора с площадью пластин 100 см^2 и катушки индуктивностью 1 мкГн , возбуждает электромагнитные волны длиной 10 м . Определить расстояние между пластинами конденсатора.

Завкафедрой

А.В. Дюндин

5 семестр

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования

Смоленский государственный университет

Кафедра физики и технических дисциплин

Направление подготовки **44.03.05 Педагогическое образование**

(Профиль: **Физика и информатика**)

Дисциплина: **Б1.О.25 Общая и экспериментальная физика**

5 семестр

Экзаменационный билет № 1

1. Интерференция света. (Принцип Гюйгенса. Понятие о когерентности. Методы получения когерентных волн в оптике. Схема явления двулучевой интерференции. Вывод условий наблюдения максимумов и минимумов интерференции. Интерференция в тонких плёнках, пластинках и клиньях. Кольца Ньютона).

2. Температура верхних слоев Солнца равна 5700 К . Какова длина волны λ_m , которой соответствует максимальная спектральная плотность энергетической светимости $(M_{\lambda, \tau})_{\max}$ Солнца. Найти массу, теряемую Солнцем каждую секунду за счет излучения. Оценить время, за которое масса Солнца уменьшится на 1%.

Завкафедрой

А.В. Дюндин

6 семестр

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования

Смоленский государственный университет

Кафедра физики и технических дисциплин

Направление подготовки **44.03.05 Педагогическое образование**

(Профиль: **Физика и информатика**)

Дисциплина: **Б1.О.25 Общая и экспериментальная физика**

6 семестр

Экзаменационный билет № 1

1. Волновые свойства частиц вещества. (Гипотеза Луи де Бройля. Опыты, подтверждающие предположение де Бройля. Волновая функция и её физический смысл. Принцип неопределённостей. Частица в потенциальной яме с непроницаемыми стенками)

2. Происходит реакция синтеза дейтерия и трития, в результате которой образуется нейтрон и неизвестная частица. Записать схему ядерной реакции, определить неизвестную частицу и энергетический выход реакции.

Завкафедрой

А.В. Дюндин

Критерии оценивания зачета и экзамена

2 семестр

«Зачёт» выставляется, если одновременно имеются:

- средняя итоговая оценка «зачтено» по ответам на вопросы и решению задач на практическом занятии (в семестре) или по заданиям (в случае дистанционного обучения);
- оценка «зачтено» по контрольной работе;
- итоговая оценка «защищено» по всему комплексу лабораторных работ;
- итоговая оценка «зачтено» по всему комплексу тематических рефератов.

«Не зачтено» выставляется, если есть хотя бы одна оценка «не зачтено» из набора: средняя оценка по ответам на вопросы и решению задач на практическом занятии (в семестре) и или по заданиям (в случае дистанционного обучения), оценки за контрольную работу, итоговой оценки за комплекс лабораторных работ, итоговой оценки за комплекс тематических рефератов.

3 семестр

Ответ на вопрос экзаменационного билета оценивается по 5-бальной шкале:

- оценка «5», если представлено полное описание физического явления, содержатся необходимые рисунки (чертежи, схемы, графики), без ошибок записаны основные формулы и выполнены преобразования выражений для получения доказательства утверждения; приведены примеры применения изучаемого физического явления;
- оценка «4», если представлено в целом полное описание физического явления, содержатся необходимые рисунки (чертежи, схемы, графики), без ошибок записаны основные формулы, но в преобразованиях выражений могут быть ошибки; могут отсутствовать примеры применения изучаемого физического явления, имеются некоторые неточности и негрубые ошибки;
- оценка «3», если представлено краткое описание физического явления, нет или мало рисунков, без ошибок записаны основные формулы, но нет преобразований выражений; могут отсутствовать примеры применения изучаемого физического явления;
- оценка «2», если не раскрыто содержание вопроса, нет рисунков, формул, допущены грубые ошибки в формулировках законов, не четкого определения физических величин и их размерностей.

Каждая задача экзаменационного билета оценивается по 5-бальной шкале:

- оценка «5», если получено решение в общем виде, выполнена проверка наименований физвеличин и подстановка числовых значений без ошибок и неточностей;
- оценка «4», если получено решение в общем виде, выполнена проверка наименований физвеличин и подстановка числовых значений, но допущены неточности в рисунке или вычислениях искомой величины;
- оценка «3», если получено решение в общем виде, но нет проверки единиц измерений, количественного результата (или они ошибочные), есть ошибки на рисунке;
- оценка «2», если не получено решение в общем виде (отсутствует или неверное), не зависимо от наличия оформления данных, рисунка и основных формул.

Итоговая оценка за ответ по экзаменационному билету:

- оценка «отлично», если имеется не более одной частной оценки «4» и остальные «5»;
- оценка «хорошо», если имеется не более одной частной оценки «3» и остальные «4» и «5»;
- оценка «удовлетворительно», если имеется не более одной частной оценки «2» и остальные «3», «4», «5»;
- оценка «неудовлетворительно», если имеется две и более частных оценок «2».

Однако итоговая оценка за экзамен учитывает не только ответ по билету, но и три дополнительные «рейтинговые» оценки за работу в семестре:

- за ответы на вопросы и решение задач на доске (в аудитории) или выполнение заданий (в случае дистанционного обучения),
- за контрольную работу,
- за защиту лабораторных работ.

Находится среднее значение из этих трёх «рейтинговых оценок. Если оно оказывается выше оценки по билету, то итоговая оценка за экзамен повышается, если ниже – то понижается.

4, 5, 6 семестр

Ответ по теме экзаменационного билета оценивается по 5-бальной шкале:

- оценка «5», если представлено полное описание физического явления, содержатся необходимые рисунки (чертежи, схемы, графики), без ошибок записаны основные формулы и выполнены преобразования выражений для получения доказательства утверждения; приведены примеры применения изучаемого физического явления;
- оценка «4», если представлено в целом полное описание физического явления, содержатся необходимые рисунки (чертежи, схемы, графики), без ошибок записаны основные формулы, но в преобразованиях выражений могут быть ошибки; могут отсутствовать примеры применения изучаемого физического явления, имеются некоторые неточности и негрубые ошибки;
- оценка «3», если представлено краткое описание физического явления, нет или мало рисунков, без ошибок записаны основные формулы, но нет преобразований выражений; могут отсутствовать примеры применения изучаемого физического явления;
- оценка «2», если не раскрыто содержание вопроса, нет рисунков, формул, допущены грубые ошибки в формулировках законов, не четкого определения физических величин и их размерностей.

Задача оценивается по 5-бальной шкале:

- оценка «5», если получено решение в общем виде, выполнена проверка наименований физвеличин и подстановка числовых значений без ошибок и неточностей;
- оценка «4», если получено решение в общем виде, выполнена проверка наименований физвеличин и подстановка числовых значений, но допущены неточности в рисунке или вычислениях искомой величины;
- оценка «3», если получено решение в общем виде, но нет проверки единиц измерений, количественного результата (или они ошибочные), есть ошибки на рисунке;
- оценка «2», если не получено решение в общем виде (отсутствует или неверное), не зависимо от наличия оформления данных, рисунка и основных формул.

Итоговая оценка за ответ по билету:

- оценка «отлично», если по теме билета «5», по задаче «5» или «4»;
- оценка «хорошо», если по теме билета «4», по задаче «3», «4» или «5»;
- оценка «удовлетворительно», если по теме билета «3», по задаче «2», «3», «4» или «5»;
- оценка «неудовлетворительно», если по теме билета «2», по задаче «2», «3», «4» или «5».

Однако итоговая оценка за экзамен учитывает не только ответ по билету, но и три дополнительные «рейтинговые» оценки за работу в семестре:

- за ответы на вопросы и решение задач на доске (в аудитории) или выполнение заданий (в случае дистанционного обучения),
- за контрольную работу,
- за защиту лабораторных работ.

Находится среднее значение из этих трёх «рейтинговых оценок. Если оно оказывается выше оценки по билету, то итоговая оценка за экзамен повышается, если ниже – то понижается.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

7.1. Основная литература

2 семестр

1. Айзенцон, А. Е. Физика : учебник и практикум для вузов / А. Е. Айзенцон. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 335 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00487-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450504>
2. Бондарев, Б. В. Курс общей физики в 3 кн. Книга 1: механика : учебник для бакалавров / Б. В. Бондарев, Н. П. Калашников, Г. Г. Спирин. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 353 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-1753-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/425487>
3. Бордовский, Г. А. Общая физика в 2 т. Том 1: учебное пособие для вузов / Г. А. Бордовский, Э. В. Бурсиан. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 242 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05451-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/454254>
4. Давыдков, В. В. Физика: механика, электричество и магнетизм : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. В. Давыдков. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 169 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-05014-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/454400>
5. Никеров, В. А. Физика : учебник и практикум для вузов / В. А. Никеров. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 415 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-4820-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450293>
6. Прошкин, С. С. Механика, термодинамика и молекулярная физика. Сборник задач : учебное пособие для вузов / С. С. Прошкин, В. А. Самолетов, Н. В. Ниженский. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 467 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04772-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/453302>
7. СклЯрова, Е. А. Физика. Механика : учебное пособие для вузов / Е. А. СклЯрова, С. И. Кузнецов, Е. С. Кулюкина. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 248 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-06860-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/453993>
8. Трофимова, Т. И. Руководство к решению задач по физике : учебное пособие для вузов / Т. И. Трофимова. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 265 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-3429-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/449610>
9. Физика : учебник и практикум для вузов / В. А. Ильин, Е. Ю. Бахтина, Н. Б. Виноградова, П. И. Самойленко ; под редакцией В. А. Ильина. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 399 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-6343-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450506>

3 семестр

1. Айзенцон, А. Е. Физика : учебник и практикум для вузов / А. Е. Айзенцон. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 335 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00487-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450504>
2. Бондарев, Б. В. Курс общей физики в 3 кн. Книга 3: термодинамика, статистическая физика, строение вещества : учебник для бакалавров / Б. В. Бондарев, Н. П. Калашников, Г. Г. Спирин. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 369 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-1755-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/425491>
3. Бордовский, Г. А. Общая физика в 2 т. Том 1: учебное пособие для вузов / Г. А. Бордовский, Э. В. Бурсиан. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 242 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05451-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/454254>

4. Замураев, В. П. Молекулярная физика. Задачи : учебное пособие для вузов / В. П. Замураев, А. П. Калинина. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 189 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08229-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/455724>
5. Никеров, В. А. Физика : учебник и практикум для вузов / В. А. Никеров. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 415 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-4820-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450293>
6. Прошкин, С. С. Механика, термодинамика и молекулярная физика. Сборник задач : учебное пособие для вузов / С. С. Прошкин, В. А. Самолетов, Н. В. Ниженский. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 467 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04772-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/453302>
7. Трофимова, Т. И. Руководство к решению задач по физике : учебное пособие для вузов / Т. И. Трофимова. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 265 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-3429-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/449610>
8. Физика : учебник и практикум для вузов / В. А. Ильин, Е. Ю. Бахтина, Н. Б. Виноградова, П. И. Самойленко ; под редакцией В. А. Ильина. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 399 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-6343-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450506>

4 семестр

1. Айзензон, А. Е. Физика : учебник и практикум для вузов / А. Е. Айзензон. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 335 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00487-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450504>
2. Бондарев, Б. В. Курс общей физики в 3 кн. Книга 2: электромагнетизм, оптика, квантовая физика : учебник для бакалавров / Б. В. Бондарев, Н. П. Калашников, Г. Г. Спирин. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 441 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-1754-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/425490>
3. Бордовский, Г. А. Общая физика в 2 т. Том 1 : учебное пособие для вузов / Г. А. Бордовский, Э. В. Бурсиан. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 242 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05451-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/454254>
4. Давыдков, В. В. Физика: механика, электричество и магнетизм : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. В. Давыдков. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 169 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-05014-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/454400>
5. Никеров, В. А. Физика : учебник и практикум для вузов / В. А. Никеров. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 415 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-4820-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450293>
6. Трофимова, Т. И. Руководство к решению задач по физике : учебное пособие для вузов / Т. И. Трофимова. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 265 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-3429-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/449610>
7. Физика : учебник и практикум для вузов / В. А. Ильин, Е. Ю. Бахтина, Н. Б. Виноградова, П. И. Самойленко ; под редакцией В. А. Ильина. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 399 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-6343-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450506>

5 семестр

1. Айзензон, А. Е. Физика : учебник и практикум для вузов / А. Е. Айзензон. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 335 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00487-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450504>
2. Бордовский, Г. А. Общая физика в 2 т. Том 2 : учебное пособие для вузов / Г. А. Бордовский, Э. В. Бурсиан. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 299 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05452-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/454455>
3. Горячев, Б. В. Общая физика. Оптика. Практические занятия : учебное пособие для вузов / Б. В. Горячев, С. Б. Могильницкий. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 92 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00778-7. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451305>
4. Кузнецов, С. И. Физика: оптика. Элементы атомной и ядерной физики. Элементарные частицы : учебное пособие для вузов / С. И. Кузнецов. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 301 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01420-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451430>
5. Никеров, В. А. Физика : учебник и практикум для вузов / В. А. Никеров. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 415 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-4820-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450293>
6. Суханов И. И. Основы оптики. Теория изображения : учебное пособие для вузов / И. И. Суханов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. <https://urait.ru/bcode/453260>
7. Трофимова, Т. И. Руководство к решению задач по физике : учебное пособие для вузов / Т. И. Трофимова. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 265 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-3429-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/449610>
8. Физика : учебник и практикум для вузов / В. А. Ильин, Е. Ю. Бахтина, Н. Б. Виноградова, П. И. Самойленко ; под редакцией В. А. Ильина. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 399 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-6343-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450506>

6 семестр

1. Айзензон, А. Е. Физика : учебник и практикум для вузов / А. Е. Айзензон. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 335 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00487-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450504>
2. Бордовский, Г. А. Общая физика в 2 т. Том 2 : учебное пособие для вузов / Г. А. Бордовский, Э. В. Бурсиан. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 299 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05452-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/454455>
3. Кузнецов, С. И. Физика: оптика. Элементы атомной и ядерной физики. Элементарные частицы : учебное пособие для вузов / С. И. Кузнецов. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 301 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01420-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451430>
4. Никеров, В. А. Физика : учебник и практикум для вузов / В. А. Никеров. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 415 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-4820-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450293>
5. Трофимова, Т. И. Руководство к решению задач по физике : учебное пособие для вузов / Т. И. Трофимова. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 265 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-3429-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/449610>
6. Физика : учебник и практикум для вузов / В. А. Ильин, Е. Ю. Бахтина, Н. Б. Виноградова, П. И. Самойленко ; под редакцией В. А. Ильина. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 399 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-6343-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450506>

7.2. Дополнительная литература

2 семестр

1. Бордовский, Г. А. Физические основы естествознания : учебное пособие для вузов / Г. А. Бордовский. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 226 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05209-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/454253>
2. Бордовский, Г. А. Физические основы математического моделирования : учебник и практикум для вузов / Г. А. Бордовский, А. С. Кондратьев, А. Чоудери. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 319 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05365-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452264>
3. Волькенштейн В. С. Сборник задач по общему курсу физики. — М.: «Книжный мир», 2008.
4. Гольдштейн, А. Е. Физические основы получения информации : учебник для вузов / А. Е. Гольдштейн. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 291 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-6529-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451328>
5. Горлач, В. В. Физика: механика. Электричество и магнетизм. Лабораторный практикум : учебное пособие для вузов / В. В. Горлач. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 171 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07606-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/455479>
6. Горлач, В. В. Физика. Задачи, тесты. Методы решения : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. В. Горлач. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 301 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-08112-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/449119>
7. Горлач, В. В. Физика. Самостоятельная работа студента : учебное пособие для вузов / В. В. Горлач, Н. А. Иванов, М. В. Пластинина. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 168 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-9816-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452048>
8. Ильин, В. А. История и методология физики : учебник для магистратуры / В. А. Ильин, В. В. Кудрявцев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 579 с. — (Магистр). — ISBN 978-5-9916-3063-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/426161>
9. Калашников, Н. П. Физика. Графические методы решения задач : учебное пособие для среднего профессионального образования / Н. П. Калашников, В. И. Кошкин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 250 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-00186-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452419>
10. Калашников, Н. П. Физика в 2 ч. Часть 1 : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н. П. Калашников, С. Е. Муравьев. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 254 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-09159-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/449060>
11. Кравченко, Н. Ю. Физика : учебник и практикум для вузов / Н. Ю. Кравченко. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 300 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01027-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450821>
12. Лотов, К. В. Физика сплошных сред : учебное пособие для вузов / К. В. Лотов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 135 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10208-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/456087>
13. Родионов, В. Н. Физика : учебное пособие для вузов / В. Н. Родионов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 265 с. — (Высшее образование). —

ISBN 978-5-534-08600-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/book/fizika-452605>

14. Практические занятия по общему курсу физики : учебник для вузов / Г. В. Ерофеева, Ю. Ю. Крючков, Е. А. Складорова, И. П. Чернов. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 492 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09399-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451204>
15. Физика: колебания и волны. Лабораторный практикум : учебное пособие для вузов / В. В. Горлач, Н. А. Иванов, М. В. Пластинина, А. С. Рубан ; под редакцией В. В. Горлача. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 128 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10139-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452050>
16. Физика. Словарь-справочник в 2 ч. Часть 1 : справочник для вузов / Е. С. Платунов, В. А. Самолетов, С. Е. Буравой, С. С. Прошкин. — 2-е изд., стер. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 379 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-01789-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/434086>
17. Физика. Словарь-справочник в 2 ч. Часть 2 : справочник для вузов / Е. С. Платунов, В. А. Самолетов, С. Е. Буравой, С. С. Прошкин. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 396 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-01939-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/434437>

3 семестр

1. Бобошина, С. Б. Физика. Тепловые процессы : учебное пособие для вузов / С. Б. Бобошина, Г. Н. Измайлов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 118 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08814-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/454059>
2. Бордовский, Г. А. Физические основы естествознания : учебное пособие для вузов / Г. А. Бордовский. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 226 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05209-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/454253>
3. Бордовский, Г. А. Физические основы математического моделирования : учебник и практикум для вузов / Г. А. Бордовский, А. С. Кондратьев, А. Чоудери. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 319 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05365-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452264>
4. Волькенштейн В. С. Сборник задач по общему курсу физики. — М.: «Книжный мир», 2008.
5. Гольдштейн, А. Е. Физические основы получения информации : учебник для вузов / А. Е. Гольдштейн. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 291 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-6529-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451328>
6. Горлач, В. В. Физика. Задачи, тесты. Методы решения : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. В. Горлач. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 301 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-08112-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/449119>
7. Горлач, В. В. Физика. Самостоятельная работа студента : учебное пособие для вузов / В. В. Горлач, Н. А. Иванов, М. В. Пластинина. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 168 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-9816-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452048>
8. Детлаф А. А., Яворский Б.М. Курс физики. — М.: «Академия», 2009.
9. Ильин, В. А. История и методология физики : учебник для магистратуры / В. А. Ильин, В. В. Кудрявцев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 579 с. — (Магистр). — ISBN 978-5-9916-3063-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/426161>

10. Калашников, Н. П. Физика. Графические методы решения задач : учебное пособие для среднего профессионального образования / Н. П. Калашников, В. И. Кошкин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 250 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-00186-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452419>
11. Калашников, Н. П. Физика в 2 ч. Часть 1 : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н. П. Калашников, С. Е. Муравьев. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 254 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-09159-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/449060>
12. Кравченко, Н. Ю. Физика : учебник и практикум для вузов / Н. Ю. Кравченко. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 300 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01027-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450821>
13. Лотов, К. В. Физика сплошных сред : учебное пособие для вузов / К. В. Лотов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 135 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10208-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/456087>
14. Родионов, В. Н. Физика : учебное пособие для вузов / В. Н. Родионов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 265 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08600-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/book/fizika-452605>
15. Практические занятия по общему курсу физики : учебник для вузов / Г. В. Ерофеева, Ю. Ю. Крючков, Е. А. Складорова, И. П. Чернов. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 492 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09399-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451204>
16. Физика. Словарь-справочник в 2 ч. Часть 1 : справочник для вузов / Е. С. Платунов, В. А. Самолетов, С. Е. Буравой, С. С. Прошкин. — 2-е изд., стер. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 379 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-01789-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/434086>
17. Физика. Словарь-справочник в 2 ч. Часть 2 : справочник для вузов / Е. С. Платунов, В. А. Самолетов, С. Е. Буравой, С. С. Прошкин. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 396 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-01939-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/434437>

4 семестр

1. Бордовский, Г. А. Физические основы естествознания : учебное пособие для вузов / Г. А. Бордовский. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 226 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05209-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/454253>
2. Бордовский, Г. А. Физические основы математического моделирования : учебник и практикум для вузов / Г. А. Бордовский, А. С. Кондратьев, А. Чоудери. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 319 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05365-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452264>
3. Волькенштейн В. С. Сборник задач по общему курсу физики. — М.: «Книжный мир», 2008.
4. Гольдштейн, А. Е. Физические основы получения информации : учебник для вузов / А. Е. Гольдштейн. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 291 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-6529-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451328>
5. Горлач, В. В. Физика: механика. Электричество и магнетизм. Лабораторный практикум : учебное пособие для вузов / В. В. Горлач. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 171 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07606-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/455479>

6. Горлач, В. В. Физика. Задачи, тесты. Методы решения : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. В. Горлач. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 301 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-08112-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/449119>
7. Горлач, В. В. Физика. Самостоятельная работа студента : учебное пособие для вузов / В. В. Горлач, Н. А. Иванов, М. В. Пластинина. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 168 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-9816-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452048>
8. Ильин, В. А. История и методология физики : учебник для магистратуры / В. А. Ильин, В. В. Кудрявцев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 579 с. — (Магистр). — ISBN 978-5-9916-3063-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/426161>
9. Калашников, Н. П. Физика. Графические методы решения задач : учебное пособие для среднего профессионального образования / Н. П. Калашников, В. И. Кошкин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 250 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-00186-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452419>
10. Калашников, Н. П. Физика в 2 ч. Часть 2 : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н. П. Калашников, С. Е. Муравьев. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2017. — 293 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-9916-9730-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/397704>
11. Кравченко, Н. Ю. Физика : учебник и практикум для вузов / Н. Ю. Кравченко. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 300 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01027-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450821>
12. Лотов, К. В. Физика сплошных сред : учебное пособие для вузов / К. В. Лотов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 135 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10208-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/456087>
13. Родионов, В. Н. Физика : учебное пособие для вузов / В. Н. Родионов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 265 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08600-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/book/fizika-452605>
14. Перельман Я.И. Занимательная физика. — М.: «Римис», 2009.
15. Практические занятия по общему курсу физики : учебник для вузов / Г. В. Ерофеева, Ю. Ю. Крючков, Е. А. Складорова, И. П. Чернов. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 492 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09399-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451204>
16. Физика: колебания и волны. Лабораторный практикум : учебное пособие для вузов / В. В. Горлач, Н. А. Иванов, М. В. Пластинина, А. С. Рубан ; под редакцией В. В. Горлача. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 128 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10139-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452050>
17. Физика. Словарь-справочник в 2 ч. Часть 1 : справочник для вузов / Е. С. Платунов, В. А. Самолетов, С. Е. Буравой, С. С. Прошкин. — 2-е изд., стер. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 379 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-01789-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/434086>
18. Физика. Словарь-справочник в 2 ч. Часть 2 : справочник для вузов / Е. С. Платунов, В. А. Самолетов, С. Е. Буравой, С. С. Прошкин. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 396 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-01939-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/434437>

1. Бордовский, Г. А. Физические основы естествознания: учебное пособие для вузов / Г. А. Бордовский. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 226 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05209-1. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/454253>
2. Бордовский, Г. А. Физические основы математического моделирования: учебник и практикум для вузов / Г. А. Бордовский, А. С. Кондратьев, А. Чоудери. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 319 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05365-4. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452264>
3. Волькенштейн В. С. Сборник задач по общему курсу физики. — М.: «Книжный мир», 2008.
4. Гольдштейн, А. Е. Физические основы получения информации: учебник для вузов / А. Е. Гольдштейн. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 291 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-6529-2. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451328>
5. Горлач, В. В. Физика. Задачи, тесты. Методы решения: учебное пособие для среднего профессионального образования / В. В. Горлач. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 301 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-08112-1. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/449119>
6. Горлач, В. В. Физика. Самостоятельная работа студента: учебное пособие для вузов / В. В. Горлач, Н. А. Иванов, М. В. Пластинина. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 168 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-9816-0. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452048>
7. Ильин, В. А. История и методология физики: учебник для магистратуры / В. А. Ильин, В. В. Кудрявцев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 579 с. — (Магистр). — ISBN 978-5-9916-3063-4. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/426161>
8. Калашников, Н. П. Физика. Графические методы решения задач: учебное пособие для среднего профессионального образования / Н. П. Калашников, В. И. Кошкин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 250 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-00186-0. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452419>
9. Калашников, Н. П. Физика в 2 ч. Часть 2: учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н. П. Калашников, С. Е. Муравьев. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2017. — 293 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-9916-9730-9. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/397704>
10. Кравченко, Н. Ю. Физика: учебник и практикум для вузов / Н. Ю. Кравченко. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 300 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01027-5. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450821>
11. Лютов В. П. Цветоведение и основы колориметрии: учебник и практикум для вузов / В. П. Лютов, П. А. Четверкин, Г. Ю. Головастикова. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. <https://urait.ru/bcode/451507>
12. Родионов, В. Н. Физика: учебное пособие для вузов / В. Н. Родионов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 265 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08600-3. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/book/fizika-452605>
13. Практические занятия по общему курсу физики: учебник для вузов / Г. В. Ерофеева, Ю. Ю. Крючков, Е. А. Склярова, И. П. Чернов. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 492 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09399-5. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451204>
14. Физика. Словарь-справочник в 2 ч. Часть 1: справочник для вузов / Е. С. Платунов, В. А. Самолетов, С. Е. Буравой, С. С. Прошкин. — 2-е изд., стер. — Москва: Издательство

- Юрайт, 2019. — 379 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-01789-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/434086>
15. Физика. Словарь-справочник в 2 ч. Часть 2 : справочник для вузов / Е. С. Платунов, В. А. Самолетов, С. Е. Буравой, С. С. Прошкин. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 396 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-01939-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/434437>

6 семестр

1. Бордовский, Г. А. Физические основы естествознания : учебное пособие для вузов / Г. А. Бордовский. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 226 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05209-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/454253>
2. Бордовский, Г. А. Физические основы математического моделирования : учебник и практикум для вузов / Г. А. Бордовский, А. С. Кондратьев, А. Чоудери. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 319 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05365-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452264>
3. Волькенштейн В. С. Сборник задач по общему курсу физики. — М.: «Книжный мир», 2008.
4. Гольдштейн, А. Е. Физические основы получения информации : учебник для вузов / А. Е. Гольдштейн. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 291 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-6529-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451328>
5. Горлач, В. В. Физика: квантовая физика. Лабораторный практикум : учебное пособие для вузов / В. В. Горлач. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 114 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10137-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452869>
6. Горлач, В. В. Физика. Задачи, тесты. Методы решения : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. В. Горлач. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 301 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-08112-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/449119>
7. Горлач, В. В. Физика. Самостоятельная работа студента : учебное пособие для вузов / В. В. Горлач, Н. А. Иванов, М. В. Пластинина. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 168 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-9816-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452048>
8. Ильин, В. А. История и методология физики : учебник для магистратуры / В. А. Ильин, В. В. Кудрявцев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 579 с. — (Магистр). — ISBN 978-5-9916-3063-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/426161>
9. Иоффе, Б. Л. Физика элементарных частиц: квантовая хромодинамика в 2 т. Том 2 : учебное пособие для вузов / Б. Л. Иоффе, Л. Н. Липатов, В. С. Фадин. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 344 с. — (Авторский учебник). — ISBN 978-5-534-08087-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/441566>
10. Калашников, Н. П. Физика. Графические методы решения задач : учебное пособие для среднего профессионального образования / Н. П. Калашников, В. И. Кошкин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 250 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-00186-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452419>
11. Калашников, Н. П. Физика в 2 ч. Часть 2 : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н. П. Калашников, С. Е. Муравьев. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2017. — 293 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-9916-9730-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/397704>

12. Кравченко, Н. Ю. Физика : учебник и практикум для вузов / Н. Ю. Кравченко. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 300 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01027-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/450821>
13. Родионов, В. Н. Физика : учебное пособие для вузов / В. Н. Родионов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 265 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08600-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/book/fizika-452605>
14. Практические занятия по общему курсу физики : учебник для вузов / Г. В. Ерофеева, Ю. Ю. Крючков, Е. А. Складорова, И. П. Чернов. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 492 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09399-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451204>
15. Физика. Словарь-справочник в 2 ч. Часть 1 : справочник для вузов / Е. С. Платунов, В. А. Самолетов, С. Е. Буравой, С. С. Прошкин. — 2-е изд., стер. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 379 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-01789-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/434086>
16. Физика. Словарь-справочник в 2 ч. Часть 2 : справочник для вузов / Е. С. Платунов, В. А. Самолетов, С. Е. Буравой, С. С. Прошкин. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 396 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-01939-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/434437>

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. ЭБС Юрайт: <https://urait.ru>
2. Российская Государственная Библиотека: <http://www.rsl.ru/>
3. Научная электронная библиотека: <http://txt.elibrary.ru/>
4. Научная библиотека Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова: <http://www.lib.msu.su/index.html>
5. Открытая русская электронная библиотека: <http://orel.rsl.ru/index.shtml>
6. Научная библиотека Санкт-Петербургского государственного университета: <http://www.lib.spb.ru/>
7. Университетская информационная система «Россия»: <http://uisrussia.msu.ru>
8. Интернет-энциклопедии: Wikipedia, Dic.academic.ru, Megabook.ru, Krugosvet.ru.
9. Сайт «Ядерная физика в Интернете» кафедры общей ядерной физики физического факультета МГУ и НИИЯФ МГУ: <http://nuclphys.sinp.msu.ru/>
10. Список Нобелевских лауреатов по физике: <http://n-t.ru/nl/fz/>
11. Научно-популярный физико-математический журнал «Квант»: <http://kvant.mccme.ru/>

8. Материально-техническое обеспечение

1. Демонстрационное оборудование (хранится в демонстрационном кабинете на кафедре)
2. Таблицы и плакаты по основным разделам курса (хранятся в демонстрационном кабинете и в лабораториях кафедры).
3. Презентации по вопросам лекций (хранятся в электронном виде у преподавателей).
4. Учебные фильмы по темам курса (хранятся в электронном виде у преподавателей).
5. Лабораторное оборудование (хранится в лабораториях).
6. Методические рекомендации по выполнению лабораторного практикума (хранятся у преподавателя в электронном виде, в лабораториях кафедры физики и технических дисциплин, в кабинете с ксерокопировальной техникой ФМФ, выдаются студентам в начале семестра).
7. Персональные компьютеры (хранятся в лабораториях кафедры физики и технических дисциплин)
8. Билеты для контрольной работы (хранятся у преподавателя в электронном виде, на кафедре физики и технических дисциплин – в электронном и печатном виде).
9. Билеты для экзамена (хранятся у преподавателя в электронном виде, на кафедре физики и технических дисциплин – в электронном и печатном виде).

10. Помещение для самостоятельной работы - аудитории № 225, 226, 425 с выходом в Интернет, оснащенные следующим оборудованием: персональные компьютеры, рабочие столы (выбор аудитории зависит от её занятости по графику занятий на очном и заочном отделениях).

9. Программное обеспечение

1. Системное: ОС Windows XP, 7 и более.
2. Сервисное ПО: антивирусные программы Dr.Web, Kaspersky, Avast, архиваторы WinRAR, WinZIP.
3. Сетевое ПО: интернет-браузеры Yandex Browser, Chrome, Opera.
4. Прикладное ПО: Word, PowerPoint, Excel .
5. Обучающее (бесплатно):
 - Физика. Обучающая и тестирующая система [Физика. Обучающая и тестирующая система. 2.9](#)
 - Электронный учебник "Физика" [Электронный учебник "Физика" 2.0](#)
 - Система для школьников и студентов младших курсов ВУЗов [Начала ЭЛЕКТРОНИКИ 1.2](#)
 - Программа для определения погрешностей показаний барометра-погодника в зависимости от местных условий [Barometr 1.0](#)
 - Программа для определения типа радиоэлементов [Color and Code 19.41](#)
 - Справочник по полупроводниковым приборам для студентов и др. [Справочник по полупроводниковым приборам 2.0](#)
 - Калькулятор и конвертер величин с поддержкой комплексных чисел и возможностью построения графиков [PasCalc 1.1](#)
 - Программа для пересчета единиц измерения [Программа для пересчета единиц измерения 1.0.1](#)
 - Приложение для создания 2D-объектов и эмуляции физических явления [Phun 5.28](#)
 - Виртуальная физическая 2D лаборатория для преподавания и изучения основных понятий физики [Physion 1.2.0](#)

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 03B6A3C600B7ADA9B742A1E041DE7D81B0
Владелец: Артеменков Михаил Николаевич
Действителен: с 04.10.2021 до 07.10.2022