

Учреждение образования  
«Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина»  
Физический факультет  
Кафедра методики преподавания физики и ОТД

**ФИЗИКА**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
И КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ**

ДЛЯ СТУДЕНТОВ – ЗАОЧНИКОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ  
1-49 01 02 Технология хранения и переработки животного сырья

Брест  
БрГУ имени А.С. Пушкина  
2011

УДК 531  
ББК 22.31

*Составитель*

кандидат педагогических наук, доцент

**О.А. Котловский**

*Рецензент*

кандидат физико-математических наук, доцент

**И.И. Макоед**

**Котловский, О.А.**

Физика : методические рекомендации и контрольные работы для специальности 1-49 01 02 Технология хранения животного сырья / Сост. О.А. Котловский [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф., дан. (750 Кб). – Брест: БрГУ имени А.С. Пушкина, 2011. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Систем. требования: ПК Pentium I или выше; 32 Мб ОЗУ ; Windows 98 ; MS Office 2000 ; SVGA 32768 и более цв. ; 640x480 ; 4x CD-ROM дисковод ; мышь.

Методические рекомендации содержат пояснительную записку, содержание учебного материала, контрольные работы, вопросы к зачету и экзаменам. Предназначены для студентов инженерно-технологических специальностей пищевого профиля.

**УДК 531  
ББК 22.31**

© УО «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина», 2011

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Настоящие методические указания предназначены для студентов инженерно-технологических специальностей пищевого профиля.

Цель пособия – оказать помощь студентам-заочникам специальности технология хранения животного сырья в изучении физики.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- создание основ теоретической подготовки, позволяющей будущим специалистам свободно ориентироваться в потоке современной научной и технической информации;

- формирование у студентов логического мышления и естественнонаучного мировоззрения об окружающих человека явлениях;

- изучение основных физических явлений и законов классической и современной физики, отражающих объективные закономерности, существующие в природе;

- выработка у студентов приемов и навыков использования физических законов, единиц измерения, справочных данных для решения конкретных физических и прикладных задач;

- ознакомление студентов с устройством и принципом действия измерительного и электроизмерительного оборудования, различными методами исследования физических явлений, обработки и представления результатов измерений;

- развитие у студентов навыков работы с измерительной аппаратурой.

По окончании изучения курса физики студент должен иметь представление:

- о современной физической картине мира, о месте физики в системе естественных наук, о физических методах исследования веществ, о фундаментальных законах физики и физических константах;

- о физических основах работы приборов и технических устройств, об истории важнейших физических открытий, направлении научно-технического прогресса.

По окончании изучения курса физики студент должен знать:

- основные физические законы, явления и понятия современной физики;

- основные единицы измерения физических величин и основные системы единиц.

По окончании изучения курса физики студент должен владеть:

- физическими методами исследования веществ;

- фундаментальными законами физики и физическими константами;

- физическими основами работы простейших приборов и технических устройств.

По окончании изучения курса физики студент должен уметь использовать:

- фундаментальные законы физики и физические константы;

- законы физики для решения прикладных задач;

- знания физики для понимания современных технологических процессов и методов анализа веществ;
- при расчетах систему СИ и делать перевод единиц из одной системы в другую.

По окончании изучения курса физики студент должен уметь:

- работать с простейшей измерительной и электроизмерительной аппаратурой;
- проводить экспериментальные исследования, обрабатывать и представлять результаты измерений.

В результате изучения дисциплины студент должен приобрести знания для изучения последующих дисциплин - прикладная механика; аналитическая химия; физическая и коллоидная химия; защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций, радиационная безопасность; теплотехника, электротехника.

Основной учебный материал пособия распределен на три раздела, согласно учебной программе по данной специальности. В каждом из них приведены основные формулы и контрольные задания. Кроме того приведены: содержание учебного материала, общие методические указания, вопросы к зачету и экзаменам, справочные материалы, список литературы.

Пособие составлено на основе типовой учебной программы «Физика», утвержденной 30. 08. 2008 г., регистр. № УД – 1.17.5/баз.

На изучение дисциплины «Физика» для данной специальности отводится 468 часов, из них для студентов заочной формы обучения 46 часов – аудиторные занятия, включающие в себя 22 часа лекций и 24 часа лабораторных работ. Учебным планом по дисциплине предусмотрен один зачет и два экзамена.

ТОЗИ

# СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

## **Раздел 1. Введение в дисциплину**

### **Тема 1. Предмет физики.**

Методы физического исследования. Физические понятия, величины и модели. Место физики в системе инженерной подготовки. Структура и задачи курса физики.

## **Раздел 2. Физические основы механики**

### **Тема 2. Элементы кинематики материальной точки.**

Материальная точка. Система отсчета. Траектория, путь, перемещение. Виды движения. Скорость как производная радиус-вектора по времени. Ускорение и его составляющие. Угловая скорость и угловое ускорение, их связь с линейными величинами.

### **Тема 3. Динамика материальной точки и механической системы.**

Инерциальные системы отсчета. Законы Ньютона. Принцип независимости действия сил. Силы в механике (силы трения, силы упругости, гравитационные силы). Закон сохранения импульса. Центр масс механической системы и закон его движения.

### **Тема 4. Энергия и работа силы.**

Энергия как универсальная мера различных форм движения и взаимодействия материи. Работа силы. Мощность. Консервативные и неконсервативные силы. Кинетическая энергия.

### **Тема 5. Поле, как форма существования материи. Потенциальная энергия.**

Поле как форма материи, осуществляющая силовые взаимодействия. Потенциальное поле. Потенциальная энергия материальной точки и ее связь с силой. Понятие о градиенте скалярной функции.

### **Тема 6. Закон сохранения механической энергии и его применение.**

Закон сохранения механической энергии. Диссипация энергии. Консервативные и диссипативные системы. Закон сохранения и превращения энергии. Удар абсолютно упругих и неупругих тел.

### **Тема 7. Динамика вращательного движения твердого тела.**

Момент инерции. Расчет момента инерции для однородного диска и однородного сплошного цилиндра. Теорема Штейнера. Кинетическая энергия вращающегося тела. Момент силы. Плечо силы. Уравнение динамики вращательного движения твердого тела относительно неподвижной оси вращения. Момент импульса материальной точки и твердого тела относительно неподвижной оси и закон его сохранения. Свободные оси. Гироскоп.

## **Раздел 3. Элементы специальной теории относительности**

### **Тема 8. Представление о свойствах пространства и времени в классической и релятивистской механике**

Представление о свойствах пространства и времени в классической механике. Преобразования Галилея. Механический принцип относительности. Закон сложения скоростей в классической механике. Границы применимости классической механики.

Элементы специальной теории относительности. Постулаты специальной теории относительности. Преобразования Лоренца. Следствия из преобразований Лоренца. Понятие о релятивистской динамике. Масса релятивистских частиц. Релятивистский импульс. Основной закон релятивистской динамики материальной точки. Закон взаимосвязи массы и энергии. Релятивистское соотношение между полной энергией и импульсом частицы.

#### **Раздел 4. Механические колебания и волны в упругих средах.**

##### **Тема 9. Гармонические колебания. Маятники.**

Гармонические колебания и их характеристики. Дифференциальное уравнение гармонических колебаний. Представление гармонических колебаний методом векторных диаграмм и комплексных чисел. Энергия гармонических колебаний. Гармонический осциллятор. Пружинный, физический и математический маятники. Сложение гармонических колебаний одного направления и одинаковой частоты. Биения. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний.

##### **Тема 10. Затухающие и вынужденные колебания.**

Дифференциальное уравнение свободных затухающих колебаний и его решение. Амплитуда затухающих колебаний. Декремент затухания. Аперiodический процесс. Дифференциальное уравнение вынужденных колебаний и его решение. Амплитуда и фаза вынужденных колебаний. Механический резонанс. Резонансные кривые.

##### **Тема 11. Волны в упругой среде.**

Образование волн в упругой среде. Продольные и поперечные волны. Гармонические волны и их характеристики. Уравнение плоской бегущей и сферической волн. Волновое уравнение. Фазовая скорость. Когерентность. Интерференция волн. Стоячие волны.

#### **Раздел 5. Основы молекулярной физики и термодинамики.**

##### **Тема 12. Основы молекулярно-кинетической теории газов.**

Молекулярно-кинетический и термодинамический методы исследования. Основные положения МКТ газов. Опытные законы идеального газа. Уравнение Клапейрона-Менделеева. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеальных газов. Средняя квадратичная скорость движения молекул. Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул идеального газа. Молекулярно-кинетическое толкование термодинамической температуры.

##### **Тема 13. Распределение молекул газа по скоростям и во внешнем потенциальном поле.**

Закон Максвелла для распределения молекул идеального газа по скоростям. Наиболее вероятная и средняя арифметическая скорости движения молекул. Барометрическая формула. Закон Больцмана для распределения частиц во внешнем потенциальном поле. Среднее число столкновений и средняя длина свободного пробега молекул.

##### **Тема 14. Явления переноса в термодинамически неравновесных системах.**

Диффузия, теплопроводность и вязкость газов. Экспериментальные законы диффузии, теплопроводности и вязкости газов.

### **Тема 15. Основы термодинамики. Первое начало термодинамики.**

Термодинамические параметры. Число степеней свободы молекул. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы молекул. Внутренняя энергия. Количество теплоты. Первое начало термодинамики. Работа газа при изменении его объема.

### **Тема 16. Применение первого начала термодинамики к тепловым процессам**

Теплоемкость. Удельная и молярная теплоемкости вещества. Теплоемкости при постоянном давлении и постоянном объеме. Уравнение Майера. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам. Адиабатический процесс. Политропный процесс. Круговой процесс (цикл). Обратимые и необратимые процессы.

### **Тема 17. Тепловые двигатели и холодильные машины. Второе начало термодинамики.**

Энтропия. Неравенство Клаузиуса. Энтропия идеального газа. Термодинамическая вероятность и ее связь с энтропией. Второе начало термодинамики. Статистическое толкование второго начала термодинамики. Теорема Нернста-Планка. Тепловые двигатели и холодильные машины. Цикл Карно и его к.п.д. для идеального газа.

### **Тема 18. Реальные газы.**

Силы и потенциальная энергия межмолекулярного взаимодействия. Отступление от законов идеального газа. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Сравнение изотерм Ван-дер-Ваальса с экспериментальными. Критическое состояние вещества. Внутренняя энергия реального газа. Эффект Джоуля-Томсона. Сжижение газов.

**Тема 19. Жидкое и твердое состояния вещества.** Особенности жидкого и твердого состояния веществ. Ближний порядок в жидкостях. Характер теплового движения в жидкостях. Поверхностное натяжение и энергия поверхностного натяжения в жидкостях. Смачивание. Давление под искривленной поверхностью жидкости. Формула Лапласа. Капиллярные явления.

Кристаллические и аморфные твердые тела. Типы кристаллических твердых тел. Дефекты в кристаллах. Характер теплового движения в твердых телах. Тепловое расширение и теплоемкость твердых тел. Агрегатные состояния вещества. Понятие фазы. Фазовые переходы I и II рода. Условие равновесия фаз. Диаграмма состояния. Тройная точка.

## **Раздел 6. Электростатика**

**Тема 20. Электростатическое поле и его характеристики. Расчет электростатического поля.**

Электрические свойства тел. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона. Электрическое поле в вакууме. Напряженность электростатического поля. Принцип суперпозиции электростатических полей. Силовые линии электростатического поля. Поток вектора напряженности. Теорема Остроградского-Гаусса для электростатического поля в вакууме и ее приме-

нение к расчету поля: поле равномерно заряженной бесконечной плоскости, поле двух бесконечных параллельных разноименно заряженных плоскостей, поле равномерно заряженной сферической поверхности, поле объемно заряженного шара, поле равномерно заряженного бесконечного цилиндра (нити).

**Тема 21. Работа сил поля. Связь между напряженностью и потенциалом.**

Работа по перемещению заряда в электростатическом поле. Циркуляция вектора напряженности электростатического поля. Признак потенциальности поля. Потенциал электростатического поля. Напряженность как градиент потенциала. Эквипотенциальные поверхности.

**Тема 22. Электрическое поле в диэлектриках.**

Электрическое поле в диэлектриках. Свободные и связанные заряды. Электрический диполь. Типы диэлектриков. Поляризация диэлектриков. Поляризованность. Напряженность поля в диэлектрике.

**Тема 23. Электрическое смещение. Расчет электростатического поля в диэлектриках.**

Электрическое смещение. Теорема Остроградского-Гаусса для электростатического поля в диэлектрике. Линии электрического смещения. Условия на границе раздела двух диэлектриков. Сегнетоэлектрики.

**Тема 24. Проводники в электростатическом поле.**

Проводники в электростатическом поле. Поле внутри проводника и у его поверхности. Распределение зарядов в проводнике.

**Тема 25. Емкость проводника и конденсатора. Энергия электростатического поля.**

Емкость уединенного проводника и конденсатора. Емкость плоского, цилиндрического и сферического конденсаторов. Соединение конденсаторов. Энергия системы зарядов, уединенного проводника и конденсатора. Энергия электростатического поля. Объемная плотность энергии поля.

**Раздел 7. Постоянный электрический ток.**

**Тема 26. Постоянный ток и его законы.**

Сила и плотность тока. Сторонние силы. Электродвижущая сила и напряжение. Сопротивление проводников. Соединение проводников. Закон Ома в интегральной и дифференциальной формах. Работа и мощность тока. Закон Джоуля-Ленца в интегральной и дифференциальной формах. Правила Кирхгофа для разветвленных цепей.

**Тема 27. Классическая электронная теория проводимости металлов.**

Классическая электронная теория проводимости металлов и ее опытное обоснование. Объяснение законов Ома, Джоуля-Ленца и Видемана-Франца из электронных представлений. Трудности классической электронной теории проводимости металлов. Температурная зависимость сопротивления металлов. Сверхпроводимость.

**Тема 28. Термоэлектрические явления**

Работа выхода электронов из металла. Контактная разность потенциалов. Законы Вольта. Термоэлектрические явления Зеебека, Пельтье и Томсона.

## **Тема 29. Электрический ток в газах.**

Электрический ток в газах. Механизм ионизации и рекомбинации. Движение электронов и ионов в газе под действием внешнего электрического поля. Типы газовых разрядов. Плазма и ее свойства.

## **Раздел 8. Электромагнетизм**

**Тема 30. Магнитное поле и его характеристики. Расчет магнитного поля.**

Магнитное поле и его действие на рамку с током. Вектор магнитной индукции. Линии магнитной индукции. Закон Био-Савара-Лапласа и его применение к расчету магнитного поля: магнитное поле прямого тока, магнитное поле в центре кругового проводника с током.

**Тема 31. Действие магнитного поля на проводник с током и движущийся электрический заряд.**

Закон Ампера. Взаимодействие параллельных токов. Действие магнитного поля на движущийся заряд. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в магнитном поле.

**Тема 32. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях.**

Ускорители заряженных частиц. Эффект Холла. Масс-спектрометры. Элементы электронной оптики.

**Тема 33. Теорема Гаусса для магнитного поля.**

Теорема о циркуляции вектора индукции и вектора напряженности магнитного поля и ее применение к расчету магнитного поля. Поток вектора магнитной индукции. Теорема Гаусса о потоке вектора  $\mathbf{B}$ . Потокосцепление. Работа по перемещению проводника и контура с током в магнитном поле.

**Тема 34. Явление электромагнитной индукции. Закон Фарадея. Само- и взаимоиндукция.**

Явление электромагнитной индукции. опыты Фарадея. Закон Фарадея. Правило Ленца. Вращение рамки в магнитном поле. Вихревые токи (токи Фуко). Индуктивность контура. Явление само- и взаимоиндукции. Трансформаторы. Токи при размыкании и замыкании цепи. Энергия магнитного поля. Объемная плотность энергии магнитного поля.

**Тема 35. Магнитные свойства вещества**

Магнитные моменты электронов и атомов. Гиромагнитное отношение. Диа- и парамагнетизм. Намагниченность. Магнитное поле в веществе. Ферромагнетики и их свойства.

**Тема 36. Основы теории Максвелла для электромагнитного поля. Электромагнитные волны и их свойства.**

Основы теории Максвелла для электромагнитного поля. Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Уравнения Максвелла для электромагнитного поля в интегральной форме. Электромагнитные волны и их свойства. Энергия электромагнитных волн. Вектор Умова-Пойтинга.

**Раздел 9. Элементы зонной теории твердых тел.**

**Тема 37. Металлы, диэлектрики и полупроводники по зонной теории.**

Элементы зонной теории твердых тел. Энергетические зоны в кристаллах. Распределение электронов по энергетическим зонам. Валентная зона и зона проводимости. Металлы, диэлектрики и полупроводники по зонной теории.

#### **Раздел 10. Геометрическая и волновая оптика.**

##### **Тема 38. Геометрическая оптика и фотометрия.**

Развитие представлений и природе света. Электромагнитная природа света. Отражение и преломление света. Линзы. Оптические приборы. Световой поток. Сила света. Освещенность. Яркость.

##### **Тема 39. Интерференция света и ее применение.**

Когерентность и монохроматичность световых волн. Время и длина когерентности. Интерференция света. Методы наблюдения интерференции света. Расчет интерференционной картины от двух когерентных источников волн. Интерференция света в тонких пленках. Полосы равной толщины и равного наклона. Кольца Ньютона. Многолучевая интерференция. Просветление оптики, интерференционная спектроскопия, высокоотражающие покрытия, интерферометры.

##### **Тема 40. Дифракция света. Метод зон Френеля.**

Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Прямолинейное распространение света. Дифракция Френеля на круглом отверстии и диске. Зонные пластинки.

##### **Тема 41. Дифракция плоских волн. Дифракция на пространственной решетке.**

Дифракция Фраунгофера на одной щели. Дифракция Фраунгофера на дифракционной решетке. Дифракция на пространственной решетке. Формула Вульфа-Брэгга. Исследование структуры кристаллов. Понятие о рентгеноструктурном анализе и рентгеновской спектроскопии. Разрешающая способность оптических приборов. Понятие о голографии.

##### **Тема 42. Взаимодействие электромагнитных волн с веществом.**

Дисперсия света. Нормальная и аномальная дисперсии. Электронная теория дисперсии света. Поглощение света. Закон Бугера-Ламберта. Коэффициент поглощения света для различных веществ. Рассеяние света мутными средами. Закон Рэлея. Молекулярное рассеяние света. Эффект Доплера и его применение. Излучение Вавилова-Черенкова.

##### **Тема 43. Поляризация света.**

Естественный и поляризованный свет. Поляризаторы. Закон Малюса. Поляризация света при отражении и преломлении на границе двух диэлектриков. Закон Брюстера.

##### **Тема 44. Двойное лучепреломление и его применение.**

Двойное лучепреломление. Одноосные и двуосные кристаллы. Обыкновенный и необыкновенный лучи и их свойства. Поляризационные призмы (призма Николя, двоякопреломляющая призма) и поляроиды. Искусственная оптическая анизотропия. Эффект Керра. Оптически активные среды. Вращение плоскости поляризации и его использование для определения концентрации растворов (поляриметрия).

## **Раздел 11. Квантовая природа излучения.**

### **Тема 45. Тепловое излучение и его законы.**

Тепловое излучение и его характеристики. Абсолютно черное тело. Закон Кирхгофа. Распределение энергии в спектре излучения абсолютно черного тела. Закон Стефана-Больцмана. Закон смещения Вина. Формула Рэлея-Джинса. Квантовая гипотеза и формула Планка.

### **Тема 46. Оптическая пирометрия. Внешний фотоэффект и его законы.**

Оптическая пирометрия. Внешний фотоэффект и его законы. Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта. Многофотонный фотоэффект. Экспериментальное подтверждение квантовых свойств света. Применение фотоэффекта.

### **Тема 47. Давление света. Эффект Комптона. Диалектическое единство корпускулярных и волновых свойств света.**

Масса и импульс фотона. Давление света. опыты Лебедева. Квантовое и волновое объяснение давления света. Эффект Комптона и его теория. Диалектическое единство корпускулярных и волновых свойств электромагнитного излучения.

## **Раздел 12 Элементы квантовой механики.**

### **Тема 48. Корпускулярно-волновой дуализм свойств вещества. Волновая функция.**

Опытное обоснование корпускулярно-волнового дуализма свойств вещества. Формула де Бройля. Соотношение неопределенностей. Волновая функция и ее статистический смысл. Свойства волновой функции.

### **Тема 49. Уравнение Шредингера.**

Общее уравнение Шредингера. Уравнение Шредингера для стационарных состояний. Полная энергия частицы. Собственные значения энергии частицы и собственные волновые функции. Принцип причинности в квантовой механике.

### **Тема 50. Прикладные задачи квантовой механики.**

Движение свободной частицы. Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими «стенками». Прохождение частицы сквозь потенциальный барьер. Туннельный эффект. Коэффициент прозрачности потенциального барьера. Линейный гармонический осциллятор в квантовой механике. Энергия квантового осциллятора.

### **Тема 51. Атом водорода в квантовой механике.**

Постановка задачи об атоме водорода в квантовой механике. Квантование энергии электрона в атоме. Главное, орбитальное и магнитное квантовые числа. Расщепление спектральных линий в спектре атома. Эффекты Зеемана и Штарка. Спектр атома водорода. Правило отбора. Серии спектральных линий. Формула Бальмера.

### **Тема 52. Спин электрона. Неразличимость тождественных частиц.**

Опыт Штерна и Герлаха Спин электрона. Спиновое и магнитное спиновое квантовые числа. Принцип неразличимости тождественных частиц. Фермионы и бозоны.

**Тема 53. Распределение электронов в атоме по состояниям. Поглощение, спонтанное и вынужденное излучения.**

Принцип Паули. Распределение электронов в атоме по состояниям. Рентгеновские спектры. Характеристическое рентгеновское излучение. Закон Мозли. Молекулярные и атомные спектры. Комбинационное рассеяние света. Поглощение, спонтанное и вынужденное излучения. Устройство и принцип действия оптических квантовых генераторов (лазеров). Свойства лазерного излучения. Применение лазеров.

**Раздел 13. Элементы физики атомного ядра.**

**Тема 54. Модели ядра. Дефект массы и энергия связи ядра. Радиоактивное излучение и его виды.**

Размер, состав и заряд атомного ядра. Массовое и зарядовое числа. Дефект массы и энергия связи ядра. Спин ядра и его магнитный момент. Ядерный магнитный резонанс. Ядерные силы и их свойства. Модели ядра. Радиоактивное излучение и его виды. Природа и основные свойства  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  - излучения. Методы наблюдения и регистрации радиоактивных излучений и частиц. Закон радиоактивного распада. Правила смещения. Радиоактивные семейства. Ядерные реакции и их основные типы. Реакция деления ядра. Цепная реакция деления. Понятие о ядерной энергетике. Реакция синтеза атомных ядер. Проблема управляемых термоядерных реакций.

РЕПОЗИТОРИЙ

## ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ И ОФОРМЛЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

1. Номера задач, которые должен включить в свою контрольную работу студент определяются по таблице вариантов. Номер варианта совпадает с последней цифрой номера зачетной книжки (1 – вариант 1, 2 – вариант 2, ..., 0 – вариант 10).
2. Контрольная работа выполняется в школьной тетради в клетку, на обложке которой необходимо указать название факультета, специальность, курс, семестр, название контрольной работы, Ф.И.О. студента и номер варианта.
3. Решения задач располагается в тетради строго по порядку. Перед решением приводится, переписанное без сокращений условие задачи. Для замечаний преподавателя оставлять поля.
4. В конце контрольной работы указать, какими учебниками, учебными пособиями и сборниками задач пользовался студент при решении контрольной.
5. Контрольная работа должна быть сдана методисту по заочному обучению в период предусмотренный графиком учебного процесса. В противном случае она считается не зачтенной и студент к экзамену (зачету) не допускается. Если представленная вовремя контрольная работа не зачтена, студент обязан представить ее на повторную рецензию. Повторную работу необходимо представить вместе с не зачтенной. Студент, не получивший зачет по контрольной работе к экзамену (зачету) не допускается.
6. Студент должен быть готов во время экзамена (зачета) дать пояснения по существу решения задач, входящих в контрольную работу. В противном случае на экзамене студенту выставляется 2 балла (незачет на зачете).
7. Решение задач необходимо сопровождать краткими и четкими комментариями (выводы формул, какой физический закон применяется и т.д.). Рисунок или чертеж, там, где это возможно, обязателен.
8. Задача решается в общем виде (искомая величина выражается через величины заданные в условии задачи). После получения расчетной формулы проверяется размерность. Числовые значения величин выразить только в единицах СИ.
9. При подстановке в расчетную формулу и окончательный ответ числовые значения необходимо записывать в виде произведения десятичной дроби с одной значащей цифрой перед запятой на соответствующую степень десяти (например, 0,0179 записывать в виде  $1,79 \cdot 10^{-2}$ ).

Таблица вариантов

Вариант	Номера задач									
1	101	111	121	131	141	151	161	171	181	191
2	102	112	122	132	142	152	162	172	182	192
3	103	113	123	133	143	153	163	173	183	193
4	104	114	124	134	144	154	164	174	184	194
5	105	115	125	135	145	155	165	175	185	195
6	106	116	126	136	146	156	166	176	186	196
7	107	117	127	137	147	157	167	177	187	197
8	108	118	128	138	148	158	168	178	188	198
9	109	119	129	139	149	159	169	179	189	199
10	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200

## ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ, МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕРМОДИНАМИКИ

### ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ФОРМУЛЫ

Средняя скорость и среднее ускорение

$$\langle \vec{v} \rangle = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}, \quad \langle \vec{a} \rangle = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

где  $\Delta \vec{r}$  – перемещение (приращение радиус вектора).

Мгновенная скорость и мгновенное ускорение

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}, \quad \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

Полное ускорение

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau, \quad a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$$

где  $a_n = \frac{v^2}{R}$  – нормальная составляющая ускорения ( $R$  – радиус кривизны тра-

ектории в данной точке),  $a_\tau = \frac{dv}{dt}$  – тангенциальная составляющая ускорения.

Путь, пройденный материальной точкой

$$s = \int v dt$$

где  $v$  – модуль скорости точки.

Угловая скорость и угловое ускорение

$$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}, \quad \vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$$

где  $\varphi$  – угол поворота тела по времени.

Связь между линейными и угловыми величинами

$$\vec{v} = [\vec{\omega}, \vec{R}], \quad a_n = \omega^2 R, \quad a_\tau = \varepsilon R$$

Импульс тела

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

Основное уравнение динамики (второй закон Ньютона)

$$\vec{F} = m\vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

Силы, рассматриваемые в механике

а) сила упругости

$$F = -kx$$

где  $k$  – коэффициент жесткости,  $x$  – абсолютная деформация.

б) сила трения

$$F = \mu N$$

где  $\mu$  – коэффициент трения,  $N$  – сила нормального давления.

в) сила тяготения (гравитации)

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

где  $\gamma$  – постоянная всемирного тяготения,  $m_1$  и  $m_2$  – массы взаимодействующих тел,  $r$  – расстояние между ними.

г) сила тяжести

$$\vec{F} = m\vec{g}$$

Закон сохранения импульса (для замкнутой системы)

$$\vec{p} = \sum_{i=1}^n m\vec{v}_i$$

Работа и мощность силы

$$A = \int (\vec{F}, d\vec{r}) = \int F_s ds, \quad N = (\vec{F}, \vec{v}) = \frac{dA}{dt}$$

Работа переменной силы на участке траектории от точки 1 до точки 2

$$A = \int_1^2 F \cos \alpha ds = \int_1^2 F_s ds$$

где  $F_s = F \cos \alpha$  – проекция силы на направление перемещения,  $\alpha$  – угол между силой и перемещением.

Кинетическая энергия поступательно движущегося тела

$$K = \frac{mv^2}{2}$$

Потенциальная энергия

а) упруго деформированного тела

$$\dot{I} = \frac{kx^2}{2}$$

б) тела находящегося в однородном поле силы тяжести

$$\dot{I} = mgh$$

где  $h$  – высота тела над уровнем принятым за нулевой.

Полная механическая энергия системы

$$E = \hat{E} + \dot{I}$$

Закон сохранения механической энергии

$$\hat{E} + \dot{I} = E = const$$

Приращение кинетической энергии частицы

$$\hat{E}_2 - \hat{E}_1 = A$$

где  $A$  – работа всех сил действующих на частицу.

Убыль потенциальной энергии частицы в поле

$$\dot{I}_1 - \dot{I}_2 = A$$

где  $A$  – работа силы поля.

Приращение полной механической энергии в поле

$$E_2 - E_1 = A_{\text{внеш}} + A_{\text{внутр}}$$

где  $A_{\text{внеш}}$  – работа внешних сторонних сил,  $A_{\text{внутр}}$  – работа внутренних диссипативных сил.

Момент силы

$$\vec{M} = [\vec{F}, \vec{r}]$$

Момент инерции системы (тела)

$$J = \sum_{i=1}^n m r_i^2$$

Момент импульса материальной точки

$$\vec{L} = [\vec{r}, \vec{p}] = [\vec{r}, m\vec{v}]$$

Основное уравнение динамики вращательного движения

$$\vec{M} = J\vec{\varepsilon}, \quad \vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt}$$

Закон сохранения момента импульса

$$\vec{L} = \text{const}$$

Моменты инерции некоторых тел массы  $m$

а) Момент инерции тонкого стержня длины  $l$  относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через его середину

$$J = \frac{1}{12} m l^2$$

б) Моменты инерции полого и сплошного цилиндров относительно оси симметрии

$$J = mR^2 \quad J = \frac{1}{2} mR^2$$

в) Момент инерции шара относительно оси, проходящей через его центр

$$J = \frac{2}{5} mR^2$$

Теорема Штейнера

$$J = J_c + m a^2$$

Кинетическая энергия вращающегося тела

$$K = \frac{J\omega^2}{2}$$

Лоренцево сокращение длины и замедление времени

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}; \quad \Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

где  $l_0$  – собственная длина тела,  $\Delta t_0$  – собственное время движущихся часов.  
Релятивистский закон сложения скоростей

$$u = \frac{u' + v}{1 + \frac{u'v}{c^2}}, \quad u' = \frac{u - v}{1 - \frac{uv}{c^2}}$$

где предполагается, что система отсчета  $K'$  движется со скоростью  $v$  в положительном направлении оси  $x$  системы  $K$ .

Релятивистская масса

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Релятивистский импульс

$$\vec{p} = \frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Релятивистское уравнение динамики частицы

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

Полная и кинетическая энергия релятивистской частицы

$$E = mc^2 = m_0 c^2 + K$$

Уравнение гармонических колебаний и его решение

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \omega^2 x = 0, \quad x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

Уравнение плоской и сферической волны

$$\xi = A \cos(\omega t - kx + \varphi_0), \quad \xi = \frac{A_0}{r} \cos(\omega t - kx + \varphi_0)$$

Уравнение стоячей волны

$$\xi = A \cos kx \cos \omega t$$

Количество вещества

$$\nu = \frac{N}{N_A}$$

Молярная масса

$$M = \frac{m}{\nu}$$

Концентрация молекул

$$n = \frac{N}{V}$$

Закон Бойля-Мариотта (при  $m, T = \text{const}$ )

$$pV = \text{const}$$

Закон Гей-Люссака (при  $m, p = \text{const}$ )

$$V = V_0(1 + \alpha t), \quad \frac{V}{T} = \text{const}$$

Закон Шарля (при  $m, V = \text{const}$ )

$$p = p_0(1 + \alpha t), \quad \frac{p}{T} = \text{const}$$

Закон Дальтона

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n$$

Уравнение Клайперона-Менделеева для произвольной массы газа

$$pV = \frac{m}{M} RT = \nu RT$$

Основное уравнение молекулярно-кинетической теории

$$p = \frac{1}{3} m_0 n \langle v_{\text{ср}}^2 \rangle$$

Барометрическая формула

$$p = p_0 e^{-Mgh/RT}$$

Уравнение состояния ванн-дер-ваальсовского газа (для одного моля)

$$\left( p + \frac{a}{V_1^2} \right) (V_1 - b) = RT$$

Средняя энергия молекулы

$$\langle \varepsilon \rangle = \frac{i}{2} kT$$

Внутренняя энергия идеального газа

$$U = \frac{m}{M} \frac{i}{2} RT = \nu \frac{i}{2} RT$$

Первый закон (первое начало) термодинамики

$$\delta Q = dU + \delta A$$

Молярные теплоемкости газа при постоянном объеме и постоянном давлении

$$C_v = \frac{i}{2} R, \quad C_p = \frac{i+2}{2} R$$

Работа расширения газа

а) общий случай

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV$$

б) изобарный процесс

$$A = p(V_2 - V_1)$$

г) изотермический процесс

$$A = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

Уравнение адиабатного процесса (уравнение Пуассона)

$$pV^\gamma = \text{const}$$

где  $\gamma$  – показатель адиабаты.

Политропический процесс ( $C = const$ )

$$pV^n = const$$

где  $n$  – показатель политропы.

КПД тепловой машины

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

КПД цикла Карно

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Понятие энтропии (S)

$$dS = \frac{\delta Q}{T}$$

Приращение энтропии системы

$$\Delta S \geq \int \frac{\delta Q}{T}$$

### КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1

101. Катер, двигаясь вниз по реке, обогнал плот в пункте А. Через 60 мин после этого он повернул обратно и затем встретил плот на расстоянии 6 км ниже пункта А. Найти скорость течения, если при движении в обоих направлениях мотор катера работал одинаково.

102. Точка прошла половину пути со скоростью  $v_1$ . На оставшейся части пути она половину времени двигалась со скоростью  $v_2$ , а последний участок прошла со скоростью  $v_3$ . Найти среднюю за все время движения скорость точки.

103. Корабль движется по экватору на восток со скоростью 30 км/ч. С юго-востока под углом  $60^\circ$  к экватору дует ветер со скоростью 15 км/ч. Найти скорость ветра относительно корабля и угол между экватором и направлением ветра в системе связанной с кораблем.

104. Свободно падающее тело в последнюю секунду своего падения проходит половину всего пути. Найти с какой высоты падает тело и время его падения.

105. Зависимость пройденного телом пути от времени дается уравнением  $s = A - Bt + Ct^2$ , где  $A=6$  м,  $B=3$  м/с и  $C=2$  м/с<sup>2</sup>. Найти среднюю скорость и среднее ускорение тела в интервале времени от 1 до 4 с. Построить график пути, скорости и ускорения.

106. Точка движется, замедляясь по прямой с ускорением, модуль которого зависит от ее скорости  $v$  по закону  $a = \alpha\sqrt{v}$ , где  $\alpha$  – положительная постоянная. В начальный момент времени скорость точки равна  $v_0$ . Какой путь она пройдет до остановки? За какое время этот путь будет пройден.

107. Камень брошен горизонтально со скоростью 15 м/с. Найти нормальное и тангенциальное ускорение камня через 1 с после начала движения. Сопротивление воздуха не учитывать.

108. Тело брошено со скоростью  $v_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту. Найти величины  $v_0$  и  $\alpha$ , если известно, что наибольшая высота подъема тела равна 3 м и радиус кривизны траектории тела в верхней точке равен 3 м. Сопротивление воздуха не учитывать.

109. Радиус вектор точки А относительно начала координат меняется со временем  $t$  по закону  $\vec{r} = \alpha t \vec{i} + \beta t^2 \vec{j}$ , где  $\alpha$  и  $\beta$  – постоянные,  $\vec{i}$  и  $\vec{j}$  – орты осей  $x$  и  $y$ . Найти уравнение траектории точки  $u(x)$  и изобразить ее график. Найти зависимости от времени скорости и ускорения.

110. Колесо радиусом 0,1 м вращается так, что зависимость угла поворота радиуса колеса от времени дается уравнением  $\varphi = A + Bt + Ct^3$ , где  $B = 2$  рад/с и  $C = 1$  рад/с<sup>2</sup>. Для точек, лежащих на ободу колеса, найти через 2 с после начала движения: угловую скорость, линейную скорость, угловое ускорение, тангенциальное ускорение, нормальное ускорение.

111. Частица движется вдоль оси  $x$  по закону  $x = \alpha t^2 - \beta t^3$ , где  $\alpha$  и  $\beta$  – положительные постоянные. В момент  $t = 0$  сила, действующая на частицу, равна  $F_0$ . Найти значения  $F_x$  силы в точках поворота и в момент, когда частица опять окажется в точке  $x = 0$ .

112. Найти модуль и направление силы, действующей на частицу массы  $m$  при ее движении в плоскости  $xu$  по закону  $x = A \sin \omega t$ ,  $y = B \cos \omega t$ , где  $A$ ,  $B$ ,  $\omega$  – постоянные.

113. Аэростат массы 250 кг, начал опускаться с ускорением 0,20 м/с<sup>2</sup>. Определить массу балласта, который следует бросить за борт, чтобы аэростат получил такое же ускорение, но направленное вверх. Сопротивления воздуха нет.

114. Шайбу положили на наклонную плоскость, и сообщили направленную вверх начальную скорость  $v_0$ . Коэффициент трения между шайбой и плоскостью равен  $k$ . При каком значении угла наклона  $\alpha$  шайба пройдет вверх по плоскости наименьшее расстояние? Чему оно равно?

115. Нить перекинута через легкий вращающийся без трения блок. На одном конце нити прикреплен груз массы  $M$ , а по другой свисающей части нити скользит муфточка массы  $m$  постоянным ускорением  $a_1$  относительно нити. Найти силу трения, с которой нить действует на муфточку.

116. Через блок, прикрепленный к потолку кабины лифта, перекинута нить, к концам которой привязаны грузы с массами  $m_1$  и  $m_2$ . Кабина начинает подниматься с ускорением  $a_1$ . Пренебрегая массами блока и нити, а также трением найти: ускорение груза  $m_1$  относительно кабины и силу, с которой блок действует на потолок кабины.

117. Частица массы  $m$  в момент времени  $t = 0$  начинает двигаться под действием силы  $F = F_0 \sin \omega t$ , где  $F_0$  и  $\omega$  – постоянные. Найти путь, пройденный частицей в зависимости от  $t$ . Изобразить график этой зависимости.

118. На горизонтальной плоскости с коэффициентом трения  $k$  лежит тело массы  $m$ . В момент  $t = 0$  к нему приложили горизонтальную силу, зависящую от времени как  $\vec{F} = \vec{b}t$ , где  $\vec{b}$  - постоянный вектор. Найти путь пройденный телом за первые  $t$  секунд действия этой силы.

119. Автомашина движется с постоянным тангенциальным ускорением  $0,62 \text{ м/с}^2$  по горизонтальной поверхности описывая окружность радиуса  $40 \text{ м}$ . Коэффициент трения скольжения равен  $0,20$ . Какой путь пройдет машина без скольжения, если в начальный момент времени ее скорость равна  $0$ ?

120. Частица массы  $m$  движется по внутренней гладкой поверхности вертикального цилиндра радиуса  $R$ . Найти силу давления частицы на стенку цилиндра, если в начальный момент времени ее скорость равна  $v_0$  и составляет угол  $\alpha$  с горизонтом.

121. Тело массы  $m$  бросили под углом к горизонту с начальной скоростью  $v_0$ . Пренебрегая сопротивлением воздуха найти: приращение импульса за первые  $t$  секунд движения и модуль приращения импульса тела за все время движения.

122. Плот массы  $M$  с находящимся на нем человеком массы  $m$  неподвижно стоит на поверхности пруда. Относительно плота человек совершает перемещение  $\vec{s}'$  со скоростью  $v'(t)$  и останавливается. Пренебрегая сопротивлением воды найти перемещение плота относительно берега.

123. Ствол пушки направлен под углом  $45^\circ$  к горизонту. Когда колеса пушки закреплены, скорость снаряда, масса которого в  $50$  раз меньше массы пушки равна  $180 \text{ м/с}$ . Найти скорость пушки сразу после выстрела, если ее колеса освободить.

124. Две небольшие муфточки с массами  $0,1 \text{ кг}$  и  $0,2 \text{ кг}$  движутся навстречу друг другу по гладкому горизонтальному проводу, изогнутому в виде окружности с постоянными нормальными ускорениями  $3 \text{ м/с}^2$  и  $9 \text{ м/с}^2$  соответственно. Найти нормальное ускорение составной муфты, образовавшейся после столкновения.

125. Снаряд, выпущенный со скоростью  $100 \text{ м/с}$  под углом  $45^\circ$  к горизонту, разорвался в верхней точке  $A$  траектории на два одинаковых осколка. Один осколок упал на землю под точкой  $A$  со скоростью  $97 \text{ м/с}$ . С какой скоростью упал на землю второй осколок? Сопротивлением воздуха пренебречь.

126. Цепочка массы  $1 \text{ кг}$  и длины  $1,4 \text{ м}$  висит на нити, касаясь поверхности стола своим нижним концом. После пережигания нити цепочка упала на стол. Найти полный импульс, который она передала столу.

127. Две одинаковые тележки (масса каждой  $M$ ), на каждой из которых находится по человеку (масса каждого человека  $m$ ), движутся без трения по инерции навстречу друг другу по параллельным рельсам. Когда тележки поравнялись, с каждой из них на другую перепрыгнул человек – в направлении, перпендикулярном к движению тележек. В результате первая тележка остановилась, а скорость второй тележки стала  $v$ . Найти первоначальные скорости каждой тележки.

128. На краю покоящейся тележки массы  $M$  стоят два человека, масса каждого из которых равна  $m$ . Пренебрегая трением, найти скорость тележки после того, как оба человека одновременно спрыгнут с одной и той же горизонтальной скоростью  $v$  относительно тележки.

129. Ракета движется в отсутствии внешних сил, выпуская непрерывную струю газа со скоростью  $u$ , постоянной относительно ракеты. Найти скорость ракеты в момент, когда ее масса равна  $m$ , если в начальный момент она имела массу  $m_0$  и ее скорость была равна нулю.

130. Найти закон изменения массы ракеты со временем, если ракета движется в отсутствии внешних сил с постоянным ускорением  $a$ , скорость истечения газа относительно ракеты постоянна и равна  $u$ , а ее масса в начальный момент равна  $m_0$ .

131. Локомотив массы  $m$  начинает двигаться со станции так, что его скорость меняется по закону  $v = \alpha\sqrt{s}$ , где  $\alpha$  – постоянная,  $s$  – пройденный путь. Найти суммарную работу всех сил, действующих на локомотив, за первые  $t$  секунд после начала движения.

132. Кинетическая энергия частицы, движущейся по окружности радиуса  $R$ , зависит от пройденного пути по закону  $K = \alpha s^2$ , где  $\alpha$  – постоянная. Найти модуль силы, действующей на частицу в зависимости от  $s$ .

133. Тело массы  $m$  бросили под углом  $\alpha$  к горизонту с начальной скоростью  $v_0$ . Найти среднюю мощность, развиваемую силой тяжести за все время движения тела, и мгновенную мощность этой силы как функцию времени.

134. Небольшому телу массы  $m$ , находящемуся на горизонтальной плоскости, сообщили скорость  $v_0$ . Коэффициент трения зависит от пройденного пути  $s$  по закону  $k = \alpha s$ , где  $\alpha$  – постоянная. Найти максимальную мгновенную мощность силы трения.

135. Тело массы  $m$  начинают поднимать с поверхности Земли, приложив к нему силу  $F$ , которую изменяют с высотой подъема  $y$  по закону  $F = 2(\alpha y - 1)mg$ , где  $\alpha$  – положительная постоянная. Найти работу этой силы и приращение потенциальной энергии тела в поле тяжести Земли на первой половине пути подъема.

136. Частица массы  $4$  г движется в двумерном поле, где ее потенциальная энергия  $U = \alpha xy$ ,  $\alpha = 0,19$  мДж/м<sup>2</sup>. В точке  $(3\text{ м}, 4\text{ м})$  частица имела скорость  $3$  м/с, а в точке  $(5\text{ м}, -6\text{ м})$  скорость  $4$  м/с. Найти работу сторонних сил на пути между этими точками.

137. На нити длины  $l$  подвешен шарик массы  $m$ . С какой наименьшей скоростью надо перемещать точку подвеса в горизонтальном направлении, чтобы шарик стал двигаться по окружности вокруг этой точки? Каково при этом натяжение нити в момент, когда она будет проходить горизонтальное положение?

138. Небольшой шарик массы  $50$  г прикреплен к концу упругой нити, жесткость которой  $63$  Н/м. Нить с шариком отвели в горизонтальное положение, не деформируя нити, и осторожно отпустили. Когда нить проходила вертикальное положение, ее длина оказалась  $1,5$  м, а скорость шарика  $3$  м/с. Найти силу натяжения нити в этом положении.

139. Снаряд, летящий со скоростью  $500 \text{ м/с}$ , разбивается на три одинаковых осколка так, что кинетическая энергия системы увеличивается в  $1,5$  раза. Какую максимальную скорость может иметь один из осколков?
140. Частица, имевшая скорость  $10 \text{ м/с}$ , испытывает лобовое столкновение с другой покоящейся частицей той же массы. В результате столкновения кинетическая энергия частицы уменьшилась на  $1\%$ . Найти модуль и направление скорости первой частицы до столкновения.
141. Найти момент инерции тонкой однородной прямоугольной пластинки относительно оси, проходящей через одну из вершин пластинки перпендикулярно к ее плоскости, если стороны пластинки равны  $a$  и  $b$ , а ее масса –  $m$ .
142. Тонкая однородная пластинка массы  $0,6 \text{ кг}$  имеет форму равнобедренного треугольника. Найти ее момент инерции относительно оси совпадающей с одним из катетов, длина которого  $200 \text{ мм}$ .
143. Вычислить момент инерции однородного сплошного конуса относительно его оси симметрии, если его масса  $m$  и радиус его основания  $R$ .
144. Исходя из формулы для момента инерции однородного шара, найти момент инерции тонкого сферического слоя массы  $m$  и радиуса  $R$  относительно оси, проходящей через его центр.
145. Однородный диск радиуса  $R$  раскрутили до угловой скорости  $\omega$  и осторожно положили на горизонтальную поверхность. Сколько времени диск будет вращаться на поверхности, если коэффициент трения равен  $k$ ?
146. Маховик с начальной угловой скоростью  $\omega_0$  начинает тормозиться силами, момент которых относительно его оси пропорционален квадратному корню из его угловой скорости. Найти среднюю угловую скорость маховика за все время торможения.
147. Однородный шар скатывается без скольжения по наклонной плоскости, составляющей угол  $\alpha$  с горизонтом. Найти ускорение центра шара и значение коэффициента трения, при котором скольжения не будет.
148. Однородный шар массы  $5 \text{ кг}$  скатывается без скольжения по наклонной плоскости, составляющей угол  $30^\circ$  с горизонтом. Найти кинетическую энергию шара через  $1,6 \text{ с}$  после начала движения.
149. Однородный шар радиуса  $r$  скатывается без скольжения с вершины сферы радиуса  $R$ . Найти угловую скорость шара после отрыва от сферы. Начальная скорость шара пренебрежимо мала.
150. Сплошной однородный цилиндр радиуса  $R$  катится по горизонтальной плоскости, которая переходит в наклонную плоскость, составляющую угол  $\alpha$  с горизонтом (под уклон). Найти максимальное значение скорости цилиндра, при котором он перейдет на наклонную плоскость еще без скачка. Считать, что скольжения нет.
151. Имеется прямоугольный треугольник, у которого катет равен  $5 \text{ м}$  и угол между этим катетом и гипотенузой  $30^\circ$ . Найти в системе отсчета, движущейся относительно этого треугольника со скоростью  $0,866c$  вдоль катета соответствующее значение угла.

152. Найти собственную длину стержня, если в лабораторной системе отсчета его скорость равна  $c/2$ , длина 1 м и угол между ним и направлением движения  $45^\circ$ .

153. Собственное время жизни некоторой нестабильной частицы равно 10 нс. Какой путь пролетит эта частица до распада в лабораторной системе отсчета, где ее время жизни 20 нс.

154. Две частицы, двигавшиеся в лабораторной системе отсчета по одной прямой с одинаковой скоростью  $3/4c$ , попали в неподвижную мишень с интервалом времени 50 нс. Найти собственное расстояние между частицами до попадания в мишень.

155. Две частицы движутся навстречу друг другу со скоростями  $0,5c$  и  $0,75c$  по отношению к лабораторной системе отсчета. Найти скорость, с которой уменьшается расстояние между частицами в лабораторной системе отсчета.

156. Две релятивистские частицы движутся под прямым углом друг к другу в лабораторной системе отсчета, причем одна со скоростью  $v_1$  другая  $v_2$ . Найти их относительную скорость.

157. Плотность покоящегося тела равна  $\rho_0$ . Найти скорость системы отсчета относительно данного тела, в которой его плотность будет на 25% больше.

158. Какую работу надо совершить, чтобы увеличить скорость частицы с массой  $m$  от  $0,6c$  до  $0,8c$ ? Сравнить полученный результат со значением, вычисленным по нерелятивистской формуле.

159. При каких значениях отношения кинетической энергии частицы к ее энергии покоя относительная погрешность при расчете ее скорости по нерелятивистской формуле не превышает 0,01?

160. Найти зависимость частицы с массой  $m$  от ее кинетической энергии. Вычислить импульс протона с кинетической энергией 500 МэВ.

161. Частица совершает гармонические колебания вдоль оси  $x$  около положения равновесия  $x = 0$ . Частота колебаний  $4 \text{ с}^{-1}$ . В некоторый момент времени координата частицы равна 25 см и ее скорость 100 см/с. Найти координату и скорость частицы через 2,4 с после этого момента.

162. Найти круговую частоту и амплитуду гармонических колебаний частицы, если на расстояниях  $x_1$  и  $x_2$  от положения равновесия ее скорость равна соответственно  $v_1$  и  $v_2$ .

163. Точка совершает гармонические колебания вдоль некоторой прямой с периодом 0,6 с и амплитудой  $A = 10$  см. Найти среднюю скорость точки за время, в течении которого она проходит путь  $A/2$  из положения равновесия.

164. Точка участвует одновременно в двух колебаниях одного направления, которые происходят по законам  $x_1 = A \cos \omega t$  и  $x_2 = A \cos 2\omega t$ . Найти максимальную скорость точки.

165. Найти период малых поперечных колебаний шарика массы 40 г, укрепленного на середине натянутой струны длиной 1 м. Силу натяжения струны считать постоянной и равной 10 Н. Массой струны и силой тяжести пренебречь.

166. Определить период колебаний шарика, подвешенного на нерастяжимой нити длины 20 см, если он находится в жидкости, плотность которой в 3 раза меньше плотности шарика. Сопротивление жидкости пренебрежимо мало.
167. Неподвижное тело, подвешенное на пружине, увеличивает ее длину на 70 мм. Считая массу пружины пренебрежимо малой, найти период малых вертикальных колебаний тела.
168. Концы недеформированной пружины жесткости 13 Н/м закреплены. В точке, отстоящей от одного из концов пружины на  $1/3$  ее длины, укрепили небольшое тело массы 25 г. Пренебрегая массой пружины, найти период малых продольных колебаний данного тела. Силы тяжести нет.
169. Доска с лежащим на ней бруском совершает горизонтальные колебания с амплитудой 10 см. Найти коэффициент трения между доской и бруском, если последний начинает скользить по доске, когда ее период колебания меньше 1 с.
170. Найти зависимость от времени угла отклонения математического маятника длины 80 см, если в начальный момент времени маятник находился в состоянии равновесия и его нижнему концу сообщили горизонтальную скорость 0,22 м/с.
171. Найти волновой вектор и скорость волны, имеющей вид  $\xi = A \cos(\omega t - \alpha x - \beta y - \gamma z)$ .
172. Плоская волна с частотой  $\omega$  распространяется так, что некоторая фаза колебаний перемещается вдоль осей  $x$ ,  $y$ ,  $z$  со скоростями соответственно  $v_1$ ,  $v_2$ ,  $v_3$ . Найти волновой вектор, если орты осей координат  $\vec{a}_x$ ,  $\vec{a}_y$ ,  $\vec{a}_z$  заданы.
173. Уравнение плоской звуковой волны имеет вид  $\xi = 60 \cos(1800t - 5,3x)$ , где  $\xi$  – в мкм,  $t$  – в секундах,  $x$  – в метрах. Найти амплитуду колебаний скорости частиц среды и ее отношение к скорости распространения волны.
174. Плоская гармоническая волна с частотой  $\omega$  распространяется со скоростью  $v$  в направлении, составляющем углы  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  с осями  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Найти разность фаз колебаний в точках среды с координатами  $x_1, y_1, z_1$  и  $x_2, y_2, z_2$ .
175. В однородной среде распространяется плоская упругая волна вида  $\xi = Ae^{-\gamma x} \cos(\omega t - kx)$ , где  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\omega$ ,  $k$  – постоянные. Найти разность фаз колебаний в точках, где амплитуды смещения частиц среды отличаются друг от друга на 1%, если  $\gamma = 0,42 \text{ м}^{-1}$  и длина волны 50 см.
176. Найти радиус вектор характеризующий, положение точечного источника сферических волн, если известно, что этот источник находится на прямой между точками с радиус-векторами  $\vec{r}_1$  и  $\vec{r}_2$ , в которых амплитуды колебаний частиц среды равны  $A_1$  и  $A_2$ . Затухание волны пренебрежимо мало, среда однородная.
177. Точечный изотропный источник испускает звуковые колебания с частотой 1,45 кГц. На расстоянии 5 м от источника амплитуда смещения частиц среды 50 мкм, а в точке А, находящейся на расстоянии 10 м от источника, амплитуда смещения в 3 раза меньше. Найти амплитуду колебаний скорости частиц среды в точке А.

178. В упругой однородной среде распространяются две плоские волны, одна вдоль оси  $x$ , другая вдоль оси  $y$ . Найти характер движения частиц среды в плоскости  $xy$ , если обе волны поперечные и направление колебаний одинаково.

179. В среде распространяется незатухающая плоская гармоническая волна. Найти среднюю объемную плотность полной энергии колебаний, если в любой точке среды объемная плотность энергии равна  $\omega_0$  через одну шестую периода колебаний после прохождения максимума смещения.

180. В однородной среде с плотностью  $\rho$  установилась продольная стоячая волна  $\xi = A \cos kx \cdot \cos \omega t$ . Найти выражение для объемной плотности потенциальной энергии  $\omega(x,t)$ .

181. В сосуде объемом 30 л содержится идеальный газ при температуре  $0^\circ\text{C}$ . После того как часть газа была выпущена наружу, давление в сосуде понизилось на 0,78 атм (без изменения температуры). Найти массу выпущенного газа. Плотность газа при нормальных условиях 1,3 г/л.

182. Газ с молярной массой  $M$  находится под давлением  $p$  между двумя одинаковыми горизонтальными пластинами. Температура газа растет линейно от  $T_1$  у нижней пластины до  $T_2$  у верхней. Объем газа между пластинами равен  $V$ . Найти его массу.

183. В баллоне объемом 7,5 л при температуре 300 К находится смесь идеальных газов: 0,1 моля кислорода, 0,2 моля азота и 0,3 моля углекислого газа. Найти давление смеси.

184. В вертикальном закрытом с обоих торцов цилиндре находится массивный поршень, по обе стороны которого – по одному молу воздуха. При температуре 300 К отношение верхнего объема к нижнему равно 4. При какой температуре это отношение станет равным 3? Трение не учитывать.

185. Поршневым воздушным насосом накачивают объем равный  $V$ . За один ход поршня насос захватывает объем  $\Delta V$ . Через сколько ходов поршня давление в сосуде уменьшится в  $n$  раз? Процесс считать изотермическим, газ – идеальным.

186. Найти максимально возможную температуру идеального газа в процессе  $p = p_0 - \alpha V^2$ , где  $\alpha$  – постоянная,  $V$  – объем моля газа.

187. Определить наименьшее возможное давление идеального газа в процессе, происходящем по закону  $T = T_0 + \alpha V^2$ , где  $\alpha$  и  $T_0$  – постоянные,  $V$  – объем моля газа.

188. Считая, что температура и молярная масса воздуха и ускорение свободного падения не зависят от высоты, найти разность высот, на которых плотности воздуха при температуре  $0^\circ\text{C}$  отличаются на 1%.

189. Идеальный газ с молярной массой  $M$  находится в высоком вертикальном цилиндрическом сосуде, площадь основания которого  $S$  и высота  $h$ . Температура газа  $T$ , его давление на нижнее основание  $p_0$ . Считая, что температура и ускорение свободного падения не зависят от высоты, найти массу газа в сосуде.

190. Один моль газа находится в сосуде объемом 0,25 л. При температуре 300 К давление газа 90 атм, а при температуре 350 К давление 110 атм. Найти постоянные Ван-дер-Ваальса для этого газа.
191. Холодильная машина, работающая по обратному циклу Карно должна поддерживать в своих камерах температуру  $-10^{\circ}\text{C}$  при температуре окружающей среды  $20^{\circ}\text{C}$ . Какую работу надо совершить над рабочим веществом машины, чтобы отвести от ее камеры 140 кДж тепла?
192. Найти к.п.д. цикла, состоящего из двух изобар и двух адиабат, если в пределах цикла давление изменяется в  $n$  раз. Рабочее вещество – идеальный газ с показателем адиабаты  $\gamma$ .
193. Идеальный газ с показателем адиабаты  $\gamma$  совершает цикл, состоящий из двух изобар и двух изобар. Найти к.п.д. такого цикла, если температура  $T$  газа возрастает в  $n$  раз как при изохорическом нагреве, так и при изобарическом расширении.
194. Идеальный газ совершает цикл, состоящий из изотермы, политропы и адиабаты, причем изотермический процесс происходит при максимальной температуре цикла. Найти к.п.д. такого цикла, если температура  $T$  в его пределах изменяется в  $n$  раз.
195. Какую максимальную работу может произвести тепловая машина, если в качестве нагревателя используется кусок железа массы 100 кг с начальной температурой 1500 К, а в качестве холодильника – вода океана с температурой 285 К?
196. Найти приращение энтропии двух молей идеального газа с показателем адиабаты 1,3, если в результате некоторого процесса объем газа увеличился в два раза, а давление уменьшилось в три раза.
197. Один моль идеального газа с показателем адиабаты  $\gamma$  совершает политропический процесс, в результате которого абсолютная температура газа увеличивается в  $k$  раз. Показатель политропы  $n$ . Найти приращение энтропии газа.
198. Идеальный газ с показателем адиабаты  $\gamma$  совершает процесс по закону  $p = p_0 - \alpha V$ , где  $\alpha$  и  $p_0$  – положительные постоянные,  $V$  – объем. При каком значении объема энтропия газа окажется максимальной?
199. Найти приращение энтропии одного моля ван-дер-ваальсовского газа при изотермическом изменении его объема от  $V_1$  до  $V_2$ .
200. При очень низких температурах теплоемкость кристаллов  $C = aT^3$ , где  $a$  – постоянная. Найти энтропию кристалла как функцию температуры в данной области.

## ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

### ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ФОРМУЛЫ

Закон Кулона

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

Напряженность электростатического поля

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

Поток вектора напряженности электростатического поля сквозь замкнутую поверхность

$$\hat{O}_e = \oint_S (\vec{E}, d\vec{S}) = \oint_S E_n dS$$

Теорема Гаусса для электростатического поля в вакууме

$$\hat{O}_e = \oint_S (\vec{E}, d\vec{S}) = \oint_S E_n dS = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_{i=1}^n q_i$$

Принцип суперпозиции электрических полей

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i$$

Напряженность электростатического поля создаваемого точечным зарядом

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$$

Напряженность электростатического поля создаваемого проводящей заряженной сферой радиуса R на расстоянии r от центра сферы

$$E = 0; \quad (r < R)$$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{R^2}; \quad (r = R)$$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}; \quad (r > R)$$

Линейная, поверхностная и объемная плотности зарядов

$$\tau = \frac{dq}{dl}; \quad \sigma = \frac{dq}{dS}; \quad \rho = \frac{dq}{dV}$$

Напряженность поля, создаваемого равномерно заряженной бесконечной плоскостью

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0\varepsilon}$$

Напряженность поля, создаваемого двумя бесконечными параллельными разноименно заряженными плоскостями

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0\varepsilon}$$

Потенциал электростатического поля

$$\varphi = \frac{U}{q_0}$$

Потенциал поля, создаваемого точечным зарядом

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r} q$$

Потенциал электростатического поля создаваемого проводящей заряженной сферой радиуса R на расстоянии r от центра сферы

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon R} q; \quad (r < R)$$

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon R} q; \quad (r = R)$$

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r} q; \quad (r > R)$$

Потенциал электростатического поля создаваемого системой точечных зарядов

$$\varphi = \sum_{i=1}^n \varphi_i$$

Связь между напряженностью и потенциалом

$$\vec{E} = -\text{grad}\varphi, \text{ или } \vec{E} = -\left(\vec{i} \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial \varphi}{\partial y} + \vec{k} \frac{\partial \varphi}{\partial z}\right)$$

Электрический момент диполя

$$\vec{p} = |q|\vec{l}$$

Связь между вектором электрического смещения и напряженностью электростатического поля

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \varepsilon \vec{E}$$

Работа сил поля по перемещению заряда из одной точки поля в другую

$$A_{12} = q(\varphi_1 - \varphi_2)$$

Электрическая емкость уединенного проводника

$$C = \frac{q}{\varphi}$$

Электрическая емкость конденсатора

$$C = \frac{q}{U}$$

Электрическая емкость шара

$$C = 4\pi\varepsilon_0 \varepsilon R$$

Электрические емкости плоского, цилиндрического и сферического конденсаторов

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}; C = \frac{2\pi\varepsilon_0 \varepsilon l}{\ln \frac{r_2}{r_1}}; C = 4\pi\varepsilon_0 \varepsilon \frac{r_2 r_1}{r_2 - r_1}$$

Электрическая емкость параллельно и последовательно соединенных конденсаторов.

$$C = \sum_{i=1}^n C_i; \frac{1}{C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$$

Энергия заряженного уединенного проводника

$$W = \frac{C\varphi^2}{2} = \frac{q\varphi}{2} = \frac{q^2}{2C}$$

Энергия заряженного конденсатора

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{qU}{2} = \frac{q^2}{2C}$$

Сила тока

$$I = \frac{dq}{dt}$$

Плотность тока

$$j = \frac{I}{S}$$

Связь плотности тока со средней скоростью движения заряженных частиц

$$j = qn\bar{v}$$

Электродвижущая сила

$$\varepsilon = \frac{\dot{\Phi}_{\vec{n}\vec{d}}}{q_0}; \quad \varepsilon = \oint_l (\vec{E}_{\vec{n}\vec{d}}, d\vec{l})$$

Закон Ома в дифференциальной форме

$$\vec{j} = \lambda \vec{E}$$

Закон Ома для однородного участка цепи

$$I = \frac{U}{R}$$

Закон Ома для неоднородного участка цепи

$$I = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2) \pm \varepsilon}{R}$$

Закон Ома для замкнутой (полной) цепи

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

Сопротивление системы проводников при последовательном и параллельном соединении

$$R = \sum_{i=1}^n R_i; \quad \frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

Мощность тока

$$P = \frac{dA}{dt} = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

Закон Джоуля – Ленца

$$dQ = IUdt = I^2 Rdt = \frac{U^2}{R} dt$$

Связь между индукцией и напряженностью магнитного поля

$$\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}$$

Закон Био-Савара-Лапласа для элемента проводника с током

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 \mu I}{4\pi} \frac{[d\vec{l}, \vec{r}]}{r^3}$$

Магнитная индукция поля прямого тока

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{2\pi R}$$

Магнитная индукция поля в центре круглого проводника с током

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{2R}$$

Магнитная индукция поля внутри соленоида

$$B = \frac{\mu_0 \mu NI}{l}$$

Закон Ампера

$$d\vec{F} = I [d\vec{l}, \vec{B}]$$

Сила Лоренца

$$\vec{F} = q [\vec{v}, \vec{B}]$$

Поток вектора магнитной индукции сквозь произвольную поверхность

$$\hat{O}_B = \oint_S (\vec{B}, d\vec{S}) = \oint_S B_n dS$$

Закон Фарадея

$$\varepsilon_i = -\frac{d\hat{O}}{dt}$$

ЭДС самоиндукции

$$\varepsilon_i = -L \frac{dI}{dt}$$

Энергия магнитного поля, связанного с контуром

$$W = \frac{LI^2}{2}$$

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2

101. Вычислить отношение электростатической и гравитационной сил взаимодействия между двумя электронами, между двумя протонами. При каком

значении удельного заряда  $q/m$  частицы эти силы оказались бы равными по модулю?

102. С какой силой взаимодействовали бы два медных шарика, каждый массы 1 г, находясь на расстоянии 1 м друг от друга, если бы суммарный заряд всех электронов в них отличался на 1 % от суммарного заряда всех ядер?

103. Тонкое проволочное кольцо радиуса 100 мм имеет электрический заряд 50 мкКл. Каково будет приращение силы, растягивающей проволоку, если в центре кольца поместить точечный заряд 7 мкКл?

104. В вершинах равностороннего треугольника находятся одинаковые положительные заряды  $q=2$  нКл. Какой отрицательный заряд нужно поместить в центр треугольника, чтобы сила притяжения с его стороны уравновесила силы отталкивания положительных зарядов?

105. Тонкий длинный стержень равномерно заряжен с линейной плотностью 1,5 нКл/см. На продолжении оси стержня, на расстоянии 12 см от его конца находится точечный заряд 0,2 мкКл. Определить силу взаимодействия заряженного стержня и точечного заряда.

106. Расстояние между зарядами  $q_1=100$  нКл и  $q_2=-50$  нКл равно 10 см. Определить силу, действующую на заряд  $q_3=1$  мкКл, находящийся на расстоянии 12 см от первого заряда и на расстоянии 10 см от второго.

107. Два одинаковых заряженных шарика подвешены в одной точке на двух нерастяжимых нитях одинаковой длины. При этом нити разошлись на угол  $\alpha$ . Шарик погружают в масло ( $\epsilon=2,2$ ). Какова плотность масла, если угол расхождения нитей при этом не изменился? Плотность материала шариков  $1,5 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

108. Два маленьких, одинаковых по размеру заряженных шарика, находящихся на расстоянии 0,2 м, притягиваются с силой  $4 \cdot 10^{-3}$  Н. После того как шарик были приведены в соприкосновение и затем разведены на прежнее расстояние они стали отталкиваться с силой  $2,25 \cdot 10^{-3}$  Н. Определить первоначальные заряды шариков.

109. Четыре одинаковых заряда по  $3,3 \cdot 10^{-3}$  Кл расположены на одинаковых друг от друга расстояниях по 5 см. Какую силу и в каком направлении необходимо приложить к каждому заряду, чтобы удержать систему в равновесии.

110. Три маленьких шарика массой по 10 г каждый, подвешены на нерастяжимых и невесомых нитях длиной по 1 м, сходящихся наверху в одном узле. Шарик одинаково заряжены и висят в вершинах равностороннего треугольника со стороной 0,1 м. каков заряд каждого шарика?

111. В вершинах квадрата со стороной 5 см находятся одинаковые положительные заряды  $q=2$  нКл определить напряженность электрического поля в центре квадрата и в середине одной из его сторон.

112. Кольцо радиусом 5 см равномерно заряжено с линейной плотностью заряда 14 нКл/м. определить напряженность электрического поля на оси, проходящей через центр кольца, в точке удаленной на расстоянии 10 см от центра кольца.

113. Тонкое полукольцо радиуса 20 см заряжено равномерно зарядом 0,7 нКл. Найти модуль напряженности электрического поля в центре кривизны этого полукольца.
114. Длинная прямая тонкая проволока несет равномерно распределенный заряд. Вычислить линейную плотность заряда, если напряженность электрического поля на расстоянии 0,5 м против ее середины равна 2 В/см.
115. Находящийся в вакууме тонкий прямой стержень длины  $2a$  заряжен равномерно зарядом  $q$ . Найти модуль напряженности электрического поля как функцию расстояния  $r$  от центра стержня до точки прямой совпадающей с осью стержня, если  $r > a$ .
116. Четверть тонкого кольца радиусом 10 см несет равномерно распределенный заряд 0,05 мкКл. Определить напряженность электрического поля в точке, совпадающей с центром кольца.
117. Две трети тонкого кольца радиусом 10 см несут равномерно распределенный с линейной плотностью 0,2 мкКл/м заряд. Определить напряженность электрического поля в точке, совпадающей с центром кольца.
118. На двух концентрических сферах радиусами  $R_1=R$  и  $R_2=2R$  равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями  $\sigma_1=4\sigma$  и  $\sigma_2=\sigma$ . Вычислить, используя теорему Остроградского-Гаусса напряженность электрического поля в точках удаленных от центра сфер на расстояния  $0,5R$ ,  $1,5R$  и  $2,5R$ .
119. На двух бесконечных параллельных плоскостях равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями  $\sigma_1=2\sigma$  и  $\sigma_2=\sigma$ . Вычислить, используя теорему Остроградского-Гаусса напряженность электрического поля в точке расположенной: слева от первой плоскости; между плоскостями; справа от второй плоскости. Указать направление вектора напряженности в данных точках.
120. На двух бесконечных коаксиальных цилиндрах радиусами  $R_1=R$  и  $R_2=2R$  равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями  $\sigma_1=-2\sigma$  и  $\sigma_2=\sigma$ . Вычислить, используя теорему Остроградского-Гаусса напряженность электрического поля в точках удаленных от оси цилиндров на расстояния  $0,5R$ ,  $1,5R$  и  $2,5R$ .
121. Тонкий стержень согнут в кольцо радиусом 10 см. Он равномерно заряжен с линейной плотностью заряда 800 нКл/м. Определить потенциал поля в точке расположенной на оси кольца, на расстоянии 10 см от его центра и в центре кольца.
122. Поле образовано точечным диполем с электрическим моментом 200 пКл·м. Определить разность потенциалов двух точек поля, расположенных симметрично относительно диполя на его оси на расстоянии 40 см от центра диполя.
123. Электрическое поле образовано бесконечно длинной заряженной нитью, линейная плотность заряда которой 20 пКл/м. Определить разность потенциалов двух точек поля, отстоящих от нити на расстоянии 8 см и 12 см.

124. Тонкая квадратная рамка равномерно заряжена с линейной плотностью заряда  $200 \text{ нКл/м}$ . Определить потенциал поля в точке пересечения диагоналей.

125. Пылинка массой  $0,2 \text{ мг}$ , несущая на себе заряд  $40 \text{ нКл}$ , влетела в электрическое поле в направлении силовых линий. После прохождения разности потенциалов  $200 \text{ В}$  пылинка имела скорость  $10 \text{ м/с}$ . Определить скорость пылинки до того как она влетела в поле.

126. Одинаковые заряды по  $\text{нКл}$  каждый расположены в вершинах квадрата со стороной  $10 \text{ см}$ . Определите потенциальную энергию этой системы.

127. Определите линейную плотность заряда бесконечно заряженной нити, если работа сил поля по перемещению заряда  $1 \text{ нКл}$  с расстояния  $5 \text{ см}$  до  $2 \text{ см}$  в направлении, перпендикулярном нити, равна  $50 \text{ мк Дж}$ .

128. Электростатическое поле создается равномерно заряженной сферой с радиусом  $5 \text{ см}$  и поверхностной плотностью заряда  $1 \text{ нКл/м}^2$ . Определите разность потенциалов между двумя точками поля, лежащими на расстояниях  $10 \text{ см}$  и  $15 \text{ см}$  от центра сферы.

129. Электростатическое поле создается равномерно заряженным шаром с радиусом  $10 \text{ см}$  и объемной плотностью заряда  $20 \text{ нКл/м}^3$ . Определите разность потенциалов между точками, лежащими внутри шара на расстояниях  $2 \text{ см}$  и  $8 \text{ см}$  от его центра.

130. Найти потенциал на краю тонкого диска радиуса  $20 \text{ см}$ , по которому равномерно распределен заряд с поверхностной плотностью  $0,25 \text{ мкКл/м}^2$ .

131. К пластинам плоского воздушного конденсатора приложена разность потенциалов  $500 \text{ В}$ . Площадь пластин  $200 \text{ см}^2$ , расстояние между пластинами  $1,5 \text{ мм}$ . После отключения конденсатора от источника напряжения в пространство между пластинами внесли парафин ( $\epsilon=2$ ). Определить разность потенциалов после внесения диэлектрика. Определить так же емкости конденсатора до и после внесения диэлектрика.

132. Сферический конденсатор состоит из двух концентрических сфер радиусами  $5 \text{ см}$  и  $5,5 \text{ см}$ . Пространство между обкладками заполнено маслом ( $\epsilon=2,2$ ). Определите емкость этого конденсатора. Шар, какого радиуса, помещенный в масло, обладает такой же емкостью?

133. Определите напряженность электростатического поля на расстоянии  $1 \text{ см}$  от оси коаксиального кабеля, если радиус его центральной жилы  $0,5 \text{ см}$ , а радиус оболочки  $1,5 \text{ см}$ . Разность потенциалов между центральной жилой и оболочкой  $1,5 \text{ кВ}$ . Изоляционным материалом служит резина ( $\epsilon=2,5$ ).

134. Конденсаторы емкостью  $5 \text{ мкФ}$  и  $10 \text{ мкФ}$  заряжены до напряжений  $60 \text{ В}$  и  $100 \text{ В}$  соответственно. Определить напряжение на обкладках конденсаторов после их соединения обкладками, имеющими одноименные заряды.

135. Конденсаторы емкостью  $2 \text{ мкФ}$  и  $5 \text{ мкФ}$  заряжены до напряжений  $100 \text{ В}$  и  $150 \text{ В}$  соответственно. Определить напряжение на обкладках конденсаторов после их соединения обкладками, имеющими разноименные заряды.

136. Конденсатор емкости  $1 \text{ мкФ}$  выдерживает на напряжении не более  $6 \text{ кВ}$ , а конденсатор емкости  $2 \text{ мкФ}$  – не более  $4 \text{ кВ}$ . Какое напряжение может вы-

держат система из этих двух конденсаторов при последовательном соединении?

137. Конденсатор емкости 1 мкФ, заряженный до напряжения 110 В, подключили параллельно к концам системы из двух последовательно соединенных незаряженных конденсаторов, емкости которых 2 мкФ и 3 мкФ. Какой заряд протечет при этом по соединительным проводам?

138. Два металлических шарика радиусами 5 см и 10 см имеют заряды  $q_1=40$  нКл и  $q_2=-20$  нКл соответственно. Найти энергию, которая выделится при разряде, если шары соединить проводником.

139. К пластинам плоского воздушного конденсатора приложена разность потенциалов 500 В. Площадь пластин  $200 \text{ см}^2$ , расстояние между пластинами 1,5 мм. Пластины раздвинули на расстояние 15 мм. Найдите энергию конденсатора до и после раздвижения пластин, если источник напряжения перед раздвижением: 1) отключался; 2) не отключался.

140. Уединенная металлическая сфера электроемкостью 4 пФ заряжена до потенциала 1 кВ. Определите энергию поля, заключенную в сферическом слое между сферой и концентрической с ней сферической поверхностью, радиус которой в 4 раза больше радиуса уединенной сферы.

141. Вольтметр включенный в сеть последовательно с сопротивлением  $R_1$  показал напряжение 198 В, а при включении последовательно с сопротивлением  $R_2=2R_1$  показал 180 В. Определите сопротивление  $R_1$  и напряжение в сети, если сопротивление вольтметра 900 Ом.

142. Амперметр и вольтметр подключили последовательно к батарее с ЭДС равной 6 В. Если параллельно вольтметру подключить некоторое сопротивление, то показание вольтметра уменьшается в 2 раза, а показание амперметра во столько же раз увеличивается. Найти показание вольтметра после подключения сопротивления.

143. При внешнем сопротивлении 8 Ом сила тока в цепи равна 0,8 А, при внешнем сопротивлении равном 15 Ом сила тока равна 0,5 А. Определите силу тока короткого замыкания.

144. Аккумулятор с ЭДС равной 12В заряжается от сети постоянного тока с напряжением 15 В. Определить напряжение на клеммах аккумулятора, если его сопротивление равно 10 Ом.

145. В цепь, состоящую из батареи и резистора сопротивлением 8 Ом, включают вольтметр, сопротивление которого 800 Ом, один раз последовательно резистору другой раз параллельно. Определите внутреннее сопротивление батареи, если показания вольтметра в обоих случаях одинаковы.

146. Резистор сопротивлением 5 Ом, вольтметр и источник тока соединены параллельно. Вольтметр показывает напряжение 10 В. Если заменить резистор другим, сопротивление которого равно 12 Ом, то вольтметр покажет напряжение 12 В. Определить сопротивление и ЭДС источника тока. Током через вольтметр пренебречь.

147. Две батареи с ЭДС 20 В и 30 В и внутренними сопротивлениями 4 Ом и 60 Ом соединены параллельно. Каково ЭДС и сопротивление генератора, которым можно заменить эти батареи без изменения тока в нагрузке?

148. Три одинаковые батареи, соединенные параллельно, подключены к внешнему сопротивлению. Как изменится ток на этом сопротивлении, если переключить полярность одной из батарей?

149. Два одинаковых вольтметра, соединенных последовательно, при подключении к источнику постоянного тока показывают напряжение 4,5 В каждый. Один вольтметр, подключенный к тому же источнику, показывает напряжение 8 В. Определите ЭДС источника.

150. Определите сопротивление тетраэдра, изготовленного из шести одинаковых проволочек с сопротивлением  $R$  каждая. Тетраэдр включен в цепь двумя вершинами.

151. К источнику тока с ЭДС 12 В присоединена нагрузка. Напряжение на клеммах источника при этом стало равным 8 В. Определить КПД источника тока.

152. Какая наибольшая полезная мощность может быть получена от источника тока с ЭДС равной 12 В и внутренним сопротивлением 1 Ом?

153. При выключении источника тока сила тока в цепи убывает по закону  $I = I_0 e^{-\alpha t}$  ( $I_0 = 10$  А,  $\alpha = 5 \cdot 10^2$  с<sup>-1</sup>). Определить количество теплоты, которое выделится в резисторе сопротивлением 5 Ом после выключения источника тока.

154. От источника с напряжением 800 В необходимо передать потребителю мощность 10 кВт на некоторое расстояние. Какое наибольшее сопротивление может иметь линия передачи, чтобы потери энергии в ней не превышали 10% от передаваемой мощности?

155. Аккумулятор с ЭДС 2,6 В замкнутый на внешнее сопротивление, дает ток 1 А. При этом разность потенциалов между полюсами аккумулятора равна 2 В. Найти тепловую мощность, выделяемую в аккумуляторе, и мощность, которую развивают в нем электрические силы.

156. При включении электромотора в сеть с напряжением 220 он потребляет ток 5 А. Определить мощность, потребляемую мотором и его КПД, если сопротивление обмотки мотора равно 6 Ом.

157. За время 20 с, при равномерно возрастающей силе тока от нуля до некоторого максимума, в проводнике сопротивлением 5 Ом, выделилось количество теплоты 4 кДж. Определить скорость нарастания силы тока.

158. ЭДС батареи 80 В, внутреннее сопротивление 5 Ом. Внешняя цепь потребляет мощность 100 Вт. Определить силу тока в цепи, напряжение, под которым находится внешняя цепь и ее сопротивление.

159. Рассчитать длину нихромовой спирали для электрической плитки, на которой за 8 мин можно было бы довести до кипения 2 л воды. Начальная температура воды 20°C, нагреванием чайника пренебречь, КПД установки 60%, диаметр провода 0,8 мм, напряжение 220 В, удельное сопротивление нихрома  $10^{-6}$  Ом·м.

160. Электроплитка с регулируемой мощностью, рассчитанная на напряжение 220 В, имеет две спирали с сопротивлениями 120 Ом и 60 Ом. Составит схему позволяющую использовать плитку в трех режимах: 400 Вт, 800 Вт и 200 Вт.

161. По круговому витку радиуса 100 мм из тонкого провода циркулирует ток 1 А. Найти магнитную индукцию в центре витка.
162. Определите магнитную индукцию поля, создаваемого отрезком провода длиной 20 см, в точке, равноудаленной от концов отрезка и находящейся на расстоянии 4 см от его середины. Сила тока в проводе 10 А.
163. Определите магнитную индукцию в центре проволочной квадратной рамки со стороной 15 см, если по рамке течет ток 5 А.
164. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводникам расстояние между которыми 15 см, текут в противоположных направлениях токи с силой тока 70 А и 50 А соответственно. Определите магнитную индукцию в точке удаленной на 20 см от первого проводника и на 30 см от второго.
165. По круговому витку радиуса 100 мм из тонкого провода циркулирует ток 1 А. Найти магнитную индукцию на оси витка в точке, отстоящей от его центра на 100 мм
167. По тонкому проводнику, изогнутому в виде правильного шестиугольника со стороной 10 см идет ток с силой тока 20 А. Определить магнитную индукцию в центре шестиугольника.
168. Круговой виток радиусом 15 см расположен относительно бесконечно длинного провода так, что его плоскость параллельна проводу. Сила тока в проводе 1 А, сила тока в витке 5 А. Расстояние от центра витка до провода 20 см. Определите магнитную индукцию в центре витка.
169. Ток с силой тока 11 А течет по тонкому проводнику изогнутому в виде полукольца радиуса 5 см. найти индукцию магнитного поля в точке, являющейся центром кольца.
170. Длинный проводник с током 5 А изогнут под прямым углом. Найти магнитную индукцию в точке, которая отстоит от плоскости проводника на 35 см и находится на перпендикуляре к проводникам, проходящем через точку изгиба.
171. По трем параллельным прямым проводам, находящимся на одинаковом расстоянии 20 см друг от друга, текут одинаковые токи, с силой тока по 400 А. В двух проводах направления токов совпадают. Вычислить для каждого из проводов отношение силы, действующей на него, к его длине.
172. Квадратная проволочная рамка расположена в одной плоскости с длинным прямым проводом так, что две ее стороны параллельны проводу. По рамке и по проводу текут одинаковые токи с силой тока 200 А. Определить силу, действующую на рамку, если ближайшая к проводу сторона рамки находится от него на расстоянии, равном ее длине.
173. Тонкий провод длиной 20 см изогнут в виде полукольца и помещен в магнитное поле с индукцией 10 мТл так, что плоскость полукольца перпендикулярна линиям магнитной индукции. По проводу пропустили ток с силой тока 50 А. Определить силу, действующую на провод. Подводящие провода направлены вдоль линий магнитной индукции.
174. Два длинных прямых взаимно перпендикулярных провода отстоят друг от друга на расстоянии  $a$ . В каждом проводе течет ток  $I$ . Найти максимальное значение силы Ампера на единицу длины провода в этой системе.

175. Катушку с током 10 мА поместили в однородное магнитное поле так, что ее ось совпала с направлением поля. Обмотка катушки однослойная из медного провода диаметром 0,1 мм, радиус витков 30 мм. При каком значении индукции внешнего поля обмотка катушки может быть разорвана?

176. Квадратный контур со стороной 10 см, по которому течет ток 50 А, свободно установился в однородном магнитном поле с индукцией 10 мТл. Определить изменение потенциальной энергии контура, при повороте вокруг оси, лежащей в плоскости контура, на угол  $180^\circ$ .

177. Тонкое проводящее кольцо с током 40 А помещено в однородное магнитное поле с индукцией 80 мТл. Плоскость кольца перпендикулярна линиям магнитной индукции, Радиус кольца 20 см. Найти силу растягивающую кольцо.

178. Два бесконечных прямолинейных проводника с одинаковыми токами, текущими в одном направлении, находятся друг от друга на расстоянии  $R$ . Чтобы их раздвинуть на расстояние  $2R$ , на каждый сантиметр длины проводника затрачивается работа 138 нДж. Определите силу тока в проводниках.

179. Медный провод сечением  $2,5 \text{ мм}^2$ , согнутый в виде трех сторон квадрата, может поворачиваться вокруг горизонтальной оси. Провод находится в однородном вертикально направленном магнитном поле. Найти индукцию поля, если при пропускании по данному проводу тока 16 А угол отклонения равен  $20^\circ$ .

180. Рамка гальванометра, содержащая 200 витков тонкого провода, подвешена на упругой нити. Площадь рамки  $1 \text{ см}^2$ . Она расположена вдоль силовых линий магнитного поля с индукцией 15 мТл. Когда через рамку пропустили ток 5 мкА, рамка повернулась на  $15^\circ$ . На какой угол повернется рамка при токе 7,5 мкА?

181. Два иона разных масс с одинаковыми зарядами влетели в однородное магнитное поле и стали двигаться по окружностям радиусами 3 см и 1,73 см. Определить отношение масс ионов, если они прошли одинаковую ускоряющую разность потенциалов.

182. Электрон прошел ускоряющую разность потенциалов 800 В и, влетев в однородное магнитное поле с индукцией 47 мТл, стал двигаться по винтовой линии с шагом 2 см. Определить радиус винтовой линии.

183. Заряженная частица прошла ускоряющую разность потенциалов 100 В и, влетев в однородное магнитное поле с индукцией 0,1 Тл, стал двигаться по винтовой линии с шагом 6,5 см и радиусом 1 см. Определите отношение заряда частицы к ее массе.

184. Альфа-частица прошла ускоряющую разность потенциалов и, влетев в однородное магнитное поле с индукцией 50 мТл, стал двигаться по винтовой линии с шагом 6,5 см и радиусом 1 см. Определите ускоряющую разность потенциалов, которую прошла альфа-частица.

185. Электрон влетел в однородное магнитное поле с индукцией 200 мТл перпендикулярно линиям магнитной индукции. Определить силу эквивалентного кругового тока, создаваемого движением электрона в магнитном поле.

186. Протон прошел ускоряющую разность потенциалов 300 В и влетел в однородное магнитное поле с индукцией 20 мТл под углом  $30^\circ$  к линиям магнитной индукции. Определить шаг и радиус винтовой линии.

187. Электрон, ускоренный разностью потенциалов 0,5 кВ, движется параллельно прямолинейному длинному проводнику на расстоянии 1 см от него. Определить силу, действующую на электрон, если по проводнику пропускать ток с силой 10 А.

188. Ион прошел ускоряющую разность потенциалов 645 В и влетел в скрещенные под прямым углом магнитное ( $B=5$  мТл) и электрическое ( $E=30$ кВ/м) поля. Определить отношение заряда иона к его массе, если ион в этих полях движется прямолинейно.

189. Электрон со скоростью  $4 \cdot 10^6$  м/с влетел в скрещенные под прямым углом магнитное ( $B=2,5$  мТл) и электрическое ( $E=10$ кВ/м) поля. Силы, действующие на электрон, со стороны магнитного и электрического поля сонаправлены. Найти ускорение электрона.

190. В однородное магнитное поле с магнитной индукцией 0,2 Тл перпендикулярно линиям магнитной индукции с постоянной скоростью влетает заряженная частица. В течение 5 мкс включается электрическое поле напряженностью 0,5 кВ/м в направлении параллельном магнитному полю. Определите шаг винтовой траектории заряженной частицы.

191. В средней части соленоида, содержащего 8 витков/см, помещен круговой виток диаметром 4 см. Плоскость витка расположена под углом  $60^\circ$  к оси соленоида. Определить, магнитный поток, пронизывающий виток, если по обмотке течет ток с силой тока 1 А.

192. Квадратный контур со стороной 10 см, в котором течет ток 6 А, находится в магнитном поле с индукцией 0,8 Тл под углом  $50^\circ$  к линиям индукции. Какую работу нужно совершить. Чтобы при неизменной силе тока в контуре, изменить его форму на окружность?

193. В однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл равномерно с частотой  $5 \text{ с}^{-1}$  вращается стержень длиной 50 см так, что плоскость его вращения перпендикулярна линиям напряженности, а ось вращения проходит через один из его концов. Определить индуцируемую на концах стержня разность потенциалов.

194. В проволочное кольцо, присоединенное к гальванометру, вставили прямой магнит. При этом по цепи прошел заряд 50 мкКл. Определить изменение магнитного потока через кольцо, если сопротивление цепи гальванометра 10 Ом.

195. Тонкий медный провод с массой 5 г, согнут в виде квадрата и концы его замкнуты. Квадрат помещен в однородное магнитное поле с индукцией 0,2 Тл так, что его плоскость перпендикулярна линиям поля. Определить заряд, который пойдет по проводнику, если квадрат, потянув за противоположные вершины вытянуть в линию.

196. Рамка из провода сопротивлением 0,04 Ом равномерно вращается в магнитном поле с индукцией 0,6 Тл. Ось вращения лежит в плоскости рамки и

перпендикулярна линиям индукции. Площадь рамки  $200 \text{ см}^2$ . Определить заряд, который пройдет по рамке, при ее повороте на  $45^\circ$ .

197. Рамка из провода, содержащая 200 витков, может свободно вращаться в магнитном поле с индукцией  $0,05 \text{ Тл}$ . Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Площадь рамки  $50 \text{ см}^2$ . Определить максимальную ЭДС, которая индуцируется в рамке, при ее вращении с частотой  $40 \text{ с}^{-1}$ .

198. Прямой проводящий стержень длиной  $40 \text{ см}$  находится в однородном магнитном поле с индукцией  $0,1 \text{ Тл}$ . Концы стержня замкнуты гибким проводом, находящимся вне поля. Сопротивление всей цепи  $0,5 \text{ Ом}$ . Какая мощность потребуется для равномерного перемещения стержня перпендикулярно линиям магнитной индукции со скоростью  $10 \text{ м/с}$ ?

199. Проволочный контур площадью  $500 \text{ см}^2$  и сопротивлением  $0,1 \text{ Ом}$  равномерно вращается в магнитном поле с индукцией  $0,5 \text{ Тл}$ . Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Определить максимальную мощность, необходимую для вращения контура с угловой скоростью  $50 \text{ рад/с}$ .

200. Кольцо из медного провода массой  $10 \text{ г}$  помещено в однородное магнитное поле с индукцией  $0,5 \text{ Тл}$  так, что плоскость кольца составляет угол  $60^\circ$  с линиями магнитной индукции. Определить заряд, который пройдет по кольцу, если снять магнитное поле.

## ОПТИКА. АТОМНАЯ И ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА. ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ

### ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ФОРМУЛЫ

Абсолютный показатель преломления

$$n = \frac{c}{v}$$

Закон отражения света

$$\alpha = \alpha'$$

Закон преломления света

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

Формула тонкой линзы

$$D = \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$$

Сила света

$$I = \frac{d\hat{O}}{d\Omega}$$

Освещенность

$$E = \frac{d\hat{O}}{dS}$$

Яркость

$$B = \frac{I}{S \cos \varphi}$$

Оптическая длина пути

$$L = ns$$

Оптическая разность хода

$$\Delta = L_2 - L_1$$

Зависимость разности фаз от оптической разности хода световых волн

$$\delta\varphi = 2\pi \frac{\Delta}{\lambda}$$

Условие максимального усиления света при интерференции

$$\Delta = \pm k\lambda \quad k = 0, 1, 2, 3, \dots$$

Условие максимального ослабления света при интерференции

$$\Delta = \pm(2k + 1) \frac{\lambda}{2} \quad k = 0, 1, 2, 3, \dots$$

Оптическая разность хода в тонких пленках в отраженном свете

$$\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} \pm \frac{\lambda}{2}$$

Радиус светлых колец Ньютона в отраженном свете

$$r_k = \sqrt{(2k - 1)R \frac{\lambda}{2}} \quad k = 1, 2, 3, \dots$$

Радиус темных колец Ньютона в отраженном свете

$$r_k = \sqrt{kR\lambda}$$

Условие дифракционных максимумов и минимумов от одной щели

$$a \sin \varphi = \pm(2m + 1) \frac{\lambda}{2} \quad m = 1, 2, 3, \dots$$

$$a \sin \varphi = \pm 2m \frac{\lambda}{2}$$

Условие главных максимумов дифракционной решетки

$$d \sin \varphi = \pm m \lambda \quad m = 0, 1, 2, 3, \dots$$

Формула Вульфа-Брэггов

$$2d \sin \vartheta = m \lambda \quad m = 1, 2, 3, \dots$$

Разрешающая способность спектрального прибора и дифракционной решетки

$$R = \frac{\lambda}{\delta \lambda}; \quad R = mN$$

Степень поляризации

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

Закон Малюса

$$I = I_0 \cos^2 \alpha$$

Закон Брюстера

$$\operatorname{tg} i_B = \frac{n_2}{n_1}$$

Угол вращения плоскости поляризации в кристаллах и растворах

$$\varphi = \alpha d; \quad \varphi = [\alpha] C d$$

Закон Стефана-Больцмана

$$R_e = \sigma T^4$$

Закон смещения Вина

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$$

Формула Планка

$$r_{\omega, T} = \frac{\hbar \omega^3}{\pi^2 c^3} \frac{1}{e^{\hbar \omega / kT} - 1}$$

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта

$$h\nu = A + \frac{m g_{\max}^2}{2}$$

Энергия и импульс фотона

$$\varepsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda}; \quad p = \frac{h\nu}{c}$$

Давление света при нормальном падении на поверхность

$$p = \frac{E}{c}(1 + \rho)$$

Длина волны де Бройля

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

Соотношение неопределенностей

$$\Delta p_x \Delta p_y \geq \hbar$$

Временное уравнение Шредингера

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \Psi + U\Psi = i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t}$$

Стационарное уравнение Шредингера

$$\nabla^2 \psi + \frac{2m}{\hbar^2} (E - U)\psi = 0$$

Коэффициент прозрачности потенциального барьера

$$D \approx \exp \left[ -\frac{2}{\hbar} \int_{x_1}^{x_2} \sqrt{2m(U - E)} dx \right]$$

Дефект массы ядра

$$\Delta m = (Zm_p + (A - Z)m_n - m_y)$$

Энергия связи нуклонов в ядре

$$E_{\text{св}} = (Zm_p + (A - Z)m_n - m_y)c^2$$

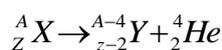
Закон радиоактивного распада

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

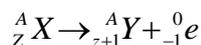
Период полураспада

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

Правило смещения для  $\alpha$ -распада



Правило смещения для  $\beta^-$ -распада



### КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №3

101. Луч света падает под углом  $30^\circ$  на плоскопараллельную стеклянную пластинку и выходит из нее параллельно первоначальному лучу. Показатель преломления стекла 1,5. Какова толщина пластинки, если расстояние между лучами равно 1,94 см?

102. На плоскопараллельную пластинку толщиной 1 см падает луч под углом  $60^\circ$ . Показатель преломления стекла 1,73. Часть света, преломляясь, проходит в стекло, отражается от нижней поверхности пластинки и, преломляясь вторично, выходит обратно в воздух параллельно первому отраженному лучу. Определить расстояние между этими лучами.

103. Луч света падает под углом  $i$  на тело с показателем преломления  $n$ . Как должны быть связаны между собой  $i$  и  $n$ , чтобы отраженный луч был перпендикулярен отраженному?

104. Луч света выходит из скипидара ( $n=1,48$ ) в воздух. Предельный угол полного внутреннего отражения для этого луча  $42^\circ$ . Чему равна скорость распространения света в скипидаре?

105. На краю бассейна стоит человек и наблюдает камень, лежащий на дне. Глубина бассейна  $h$ . На каком расстоянии от поверхности воды видно изображение камня, если луч зрения составляет с нормалью к поверхности воды угол  $\alpha$ ?

106. На стакан, наполненный водой, положена стеклянная пластинка. Под каким углом должен падать на пластинку луч света, чтобы от поверхности раздела воды со стеклом произошло полное внутреннее отражение? Показатель преломления стекла 1,5.

107. На дно сосуда, наполненного водой до высоты 10 см, помещен точечный источник света. На поверхности воды плавает круглая непрозрачная пластинка таким образом, что ее центр находится над источником света. Какой наименьший радиус должна иметь эта пластинка, чтобы ни один луч не мог выйти через поверхность воды?

108. Длинное тонкое волокно, выполненное из прозрачного материала с показателем преломления 1,35, образует световод. Определите максимальный угол  $\alpha$  к оси световода, под которым световой луч еще может падать на торец, чтобы пройти световод с максимальным ослаблением.

109. Стеклянная пластинка толщины  $d=3$  мм имеет на верхней и нижней стороне царапины. Чему равен показатель преломления стекла, если при наведе-

нии микроскопа с верхней царпины на нижнюю царпины его тубус пришлось опустить на расстояние 2 мм? Углы отклонения от оси микроскопа лучей, падающих в объектив, считать малыми.

110. Палка с изломом посередине погружена в пруд так, что наблюдателю, стоящему на берегу и смотрящему вдоль надводной части палки, она кажется прямой, составляющей угол  $\alpha$  с горизонтом. Какой угол излома имеет палка? Показатель преломления воды  $4/3$ .

111. При помощи двояковыпуклой линзы с показателем преломления 1,5 и одинаковыми радиусами кривизны поверхностей, равными 10 см, получили изображение предмета в 5 раз его больше. Определите расстояние от предмета до изображения.

112. На каком расстоянии от собирающей линзы надо поместить предмет, чтобы расстояние между предметом и его действительным изображением было минимальным? Фокусное расстояние линзы равно  $f$ .

113. Расстояние между точечным источником света и экраном равно  $L$ . Линза, помещенная между ними, дает на экране четкое изображение при двух положениях, расстояние между которыми равно  $l$ . Определите фокусное расстояние линзы.

114. Расстояние по оси между предметом и его прямым изображением, даваемым линзой равно 5 см. Линейное увеличение равно 0,5. Определите фокусное расстояние линзы.

115. С помощью линзы на экране получено изображение предмета с увеличением в два раза. Каково будет увеличение, если расстояние между предметом и экраном увеличить в 1,6 раза?

116. Линза с фокусным расстоянием 12 см создает на экране изображение предмета с увеличением 9. Другая линза при том же расстоянии между предметом и экраном дает увеличение равное 3. Найти фокусное расстояние второй линзы.

117. Расстояние от заднего фокуса собирающей линзы до изображения в 9 раз больше расстояния от переднего фокуса до предмета. Найти увеличение линзы.

118. С помощью линзы получают действительное изображение предмета с увеличением 1,5. Затем линзу передвигают на расстояние 12 см и получают мнимое изображение такого же размера. Определить фокусное расстояние линзы.

119. Линзу, дающую действительное изображение предмета, передвинули на расстояние, равное ее фокусному расстоянию. При этом получилось мнимое изображение того же размера. Найти увеличение линзы.

120. Предмет в виде отрезка длины  $l$  расположен вдоль оптической оси собирающей линзы с фокусным расстоянием  $f$ . Середина отрезка расположена на расстоянии  $a$  от линзы, и линза дает действительное изображение всех точек предмета. Определить продольное увеличение предмета.

121. Определить силу света лампы уличного освещения, необходимую для того, чтобы освещенность на земле посередине между фонарями была равна

- 0,2 лк. Лампы подвешены на высоте 10 м, расстояние между столбами 40 м. При расчете учитывать освещенность, даваемую двумя соседними фонарями.
122. Точечный источник света помещен на некотором расстоянии  $L$  от экрана и дает в центре экрана освещенность равную 1 лк. Как изменится освещенность, если по другую сторону от источника на том же расстоянии поместить плоское идеально отражающее зеркало? Плоскости зеркала и экрана параллельны.
123. В центре квадратной комнаты площадью  $25 \text{ м}^2$  висит лампа. Считая лампу точечным источником света, найти на какой высоте от пола должна находиться лампа, чтобы освещенность в углах комнаты была наибольшей.
124. Лампа, в которой светящимся телом служит раскаленный шарик диаметром 3 мм, дает силу света 85 кд. Найти яркость лампы, если сферическая колба лампы сделана из прозрачного стекла.
125. На лист белой бумаги размером  $20 \times 30$  см нормально к поверхности падает световой поток 120 лм. Найти освещенность, светимость и яркость бумажного листа, если коэффициент рассеяния равен 0,75.
126. Равномерно светящийся купол, имеющий вид полусферы, опирается на горизонтальную поверхность. Определить освещенность в центре этой поверхности, если яркость купола равна  $L$  и не зависит от направления.
127. Небольшой светильник, имеющий вид равномерно светящейся сферы радиуса 6 см находится на расстоянии 3 м от пола. Яркость светильника  $2 \cdot 10^4$  кд/м<sup>2</sup> и не зависит от направления. Найти освещенность пола непосредственно под светильником.
128. На расстоянии 1 м от экрана находится матовая лампочка. С помощью линзы, перемещая последнюю, дважды получают на экране четкое изображение лампочки. Освещенности изображений при этом отличаются в 9 раз. Определите фокусное расстояние линзы.
129. На расстоянии 1 м от небольшого экрана расположен точечный источник света. Посередине между источником и экраном поместили линзу. Оказалось, что освещенность экрана не изменилась. Определить фокусное расстояние линзы.
130. Энергия солнечных лучей, падающих на поверхность Луны, частично поглощается (коэффициент поглощения равен 90%) и частично рассеивается. Во сколько раз освещенность поверхности Земли во время полнолуния меньше освещенности, создаваемой прямыми солнечными лучами? Угловой диаметр Луны, видимый с Земли равен  $10^{-2}$  рад. Считать, что освещенная поверхность Луны рассеивает свет равномерно в телесный угол  $2\pi$ .
131. В опыте Юнга отверстия освещались монохроматическим светом длиной волны 600 нм, расстояние между отверстиями 1 мм и расстояние от отверстий до экрана 3 м. Найти положение трех первых световых полос.
132. В опыте с зеркалами Френеля расстояние между мнимыми изображениями источника света было равно 0,5 мм, расстояние до экрана 5 м. В зеленом свете получились интерференционные полосы на расстоянии 5 мм друг от друга. Найти длину волны зеленого света.

133. В опыте Юнга на пути одного из интерферирующих лучей помещалась тонкая стеклянная пластинка, вследствие чего центральная светлая полоса смещалась в положение, первоначально занятое пятой светлой полосой (не считая центральной). Луч падает на пластинку перпендикулярно. Показатель преломления пластинки 1,5. Длина волны 600 нм. Какова толщина пластинки?

134. Расстояние от бипризмы Френеля до узкой щели и экрана равны соответственно 25 см и 100 см. Бипризма стеклянная с преломляющим углом  $20'$ . Найти длину волны света, если ширина интерференционной полосы на экране равна 0,55 мм.

135. На мыльную пленку ( $n=1,33$ ) падает белый свет под углом  $45^\circ$ . При какой наименьшей толщине пленки отраженные лучи будут окрашены в желтый свет с длиной волны 600 нм?

136. Найти минимальную толщину пленки с показателем преломления 1,33, при которой свет с длиной волны 0,64 мкм испытывает максимальное отражение, а свет с длиной волны 0,40 мкм не отражается совсем. Угол падения света равен  $30^\circ$ .

137. На линзу с показателем преломления 1,58 нормально падает монохроматический свет с длиной волны 0,55 мкм. Для устранения потерь света в результате отражения на линзу наносится тонкая пленка. Определите оптимальный показатель преломления пленки и ее толщину.

138. На стеклянный клин падает нормально пучок света с длиной волны 582 нм. Угол клина равен  $20''$ . Какое число темных интерференционных полос приходится на единицу длины клина? Показатель преломления стекла 1,5.

139. Установка для получения колец Ньютона освещается монохроматическим светом. Наблюдение ведется в отраженном свете. Радиусы двух соседних темных колец равны соответственно 4,0 мм и 4,38 мм. Радиус кривизны линзы равен 6,4 м. Найти порядковый номер колец и длину волны падающего света.

140. Плоско-выпуклая стеклянная призма с радиусом кривизны 40 см соприкасается выпуклой поверхностью со стеклянной пластинкой. При этом в отраженном свете радиус некоторого кольца 2,5 мм. Наблюдая за данным кольцом, линзу осторожно отодвинули от пластинки на 5 мкм. Каким стал радиус этого кольца?

141. Свет от монохроматического источника с длиной волны 600 нм падает нормально на диафрагму с круглым отверстием. Диаметр отверстия 6 мм. За диафрагмой на расстоянии 3 м от нее находится экран. Сколько зон Френеля укладывается в отверстии диафрагмы?

142. Вычислить радиусы первых пяти зон Френеля, если расстояние от источника света до волновой поверхности равно 1 м, расстояние от волновой поверхности до точки наблюдения также равно 1 м. Длина волны 500 нм.

143. На диафрагму с круглым отверстием падает нормально параллельный пучок монохроматического света с длиной волны 600 нм. На экране наблюдается дифракционная картина. При каком наибольшем расстоянии между

диафрагмой и экраном в центре дифракционной картины еще будет наблюдаться темное пятно? Диаметр отверстия 1,96 мм.

144. Дифракционная картина наблюдается на расстоянии  $l$  от источника монокроматического света с длиной волны 600 нм. На расстоянии  $0,5 l$  от источника помещена круглая непрозрачная преграда диаметром 1 см. Чему равно расстояние  $l$  если преграда закрывает только одну зону Френеля?

145. На щель шириной 2 мкм падает нормально параллельный пучок монокроматического света с длиной волны 589 нм. Найти углы, в направлении которых будут наблюдаться минимумы света.

146. На щель шириной 20 мкм падает нормально параллельный пучок монокроматического света с длиной волны 500 нм. Найти ширину изображения щели на экране, удаленном от щели на 1 м. Шириной изображения считать расстояние между первыми дифракционными минимумами, расположенными по обе стороны от максимума освещенности.

147. На дифракционную решетку нормально падает пучок света. Угол дифракции для натриевой линии ( $\lambda = 589$  нм) в спектре первого порядка был найден  $17^\circ 8'$ . Некоторая линия дает в спектре второго порядка угол дифракции  $24^\circ 12'$ . Найти длину волны этой линии и число штрихов на 1 мм решетки.

148. На дифракционную решетку нормально падает пучок света от разрядной трубки. Чему должна быть равна постоянная дифракционной решетки, чтобы в направлении  $\varphi = 41^\circ$  совпадали максимумы двух линий с длиной волны 656,3 нм и 410,2 нм?

149. На дифракционную решетку нормально падает пучок света от разрядной трубки, наполненной гелием. На какую линию в спектре третьего порядка накладывается красная линия гелия ( $\lambda = 670$  нм) спектра второго порядка?

150. На дифракционную решетку нормально падает пучок монокроматического света. Максимум третьего порядка наблюдается под углом  $36^\circ 48'$  к нормали. Найти постоянную решетки, выраженную в длинах волн падающего света.

151. При падении естественного света на некоторый поляризатор проходит 30% светового потока, а через два таких поляризатора 13,5%. Найти угол между плоскостями пропускания этих поляризаторов.

152. Пучок естественного света падает на систему из 6 поляризаторов, плоскость пропускания каждого из которых повернута на угол  $30^\circ$  плоскости пропускания предыдущего поляризатора. Какая часть светового потока проходит через эту систему?

153. Степень поляризации частично поляризованного света равна 0,25. Найти отношение интенсивности поляризованной составляющей этого света к интенсивности естественной составляющей.

154. Узкий пучок естественного света проходит через газ из оптически изотропных молекул. Найти степень поляризации света, рассеянного под углом  $\alpha$  к пучку.

155. На пути частично поляризованного света поместили поляризатор. При повороте поляризатора на угол  $60^\circ$  из положения соответствующего макси-

муму пропускания, интенсивность прошедшего света уменьшилась в 3 раза. Найти степень поляризации падающего света.

156. Плоский пучок естественного света с интенсивностью  $I_0$  падает под углом Брюстера на поверхность воды. При этом  $\rho = 0,039$  светового потока отражается. Найти интенсивность преломленного пучка.

157. На поверхность воды под углом Брюстера падает пучок плоскополяризованного света. Плоскость колебаний светового вектора составляет угол  $45^\circ$  с плоскостью падения. Найти коэффициент отражения.

158. Пучок плоскополяризованного света, длина волны которого в вакууме равна 589 нм, падает на пластинку исландского шпата перпендикулярно его оптической оси. Найти длины волн обыкновенного и необыкновенного лучей в кристалле, если показатель преломления исландского шпата для обыкновенного и необыкновенного лучей равны соответственно 1,66 и 1,49.

159. Чему равен угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора, если интенсивность естественного света, прошедшего через поляризатор и анализатор, уменьшается в четыре раза? Поглощением света пренебречь.

160. Луч естественного света проходит сквозь плоскопараллельную стеклянную пластинку ( $n = 1,54$ ), падая на нее под углом полной поляризации. Найти степень поляризации лучей, прошедших сквозь пластинку.

161. Найти температуру печи, если известно, что из отверстия в ней размером  $6,1 \text{ см}^2$  излучается в 1 с 8,28 кал. Излучение считать близким к излучению абсолютно черного тела.

162. Какое количество энергии излучает Солнце в 1 мин? Излучение считать близким к излучению абсолютно черного тела. Температуру поверхности Солнца принять равной 5880 К.

163. Мощность излучения абсолютно черного тела равна 34 кВт. Найти температуру этого тела, если известно, что поверхность его равна  $0,6 \text{ м}^2$ .

164. Температура вольфрамовой спирали в 25-ваттной лампочке равна 2450 К. Отношение ее энергетической светимости к энергетической светимости абсолютно черного тела при данной температуре равно 0,3. Найти площадь излучающей поверхности спирали.

165. Считая, что атмосфера поглощает 10% лучистой энергии, посылаемой Солнцем, найти мощность, получаемую от Солнца горизонтальным участком Земли площадью 0,5 га. Высота Солнца над горизонтом равна  $30^\circ$ . Излучение Солнца считать близким к излучению абсолютно черного тела.

166. Найти какое количество энергии с  $1 \text{ см}^2$  поверхности в 1 с излучает абсолютно черное тело, если известно, что максимальная спектральная плотность его энергетической светимости приходится на длину волны 484 нм.

167. При нагревании абсолютно черного тела длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, изменилась от 690 до 500 нм. Во сколько раз при этом увеличилась энергетическая светимость тела?

168. На какую длину волны приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела, имеющего температуру, равную температуре  $37^{\circ}\text{C}$ ?

169. Абсолютно черное тело находится при температуре  $2900\text{ K}$ . В результате остывания тела длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, изменилась на  $9\text{ мкм}$ . До какой температуры охладилось тело?

170. Какую мощность надо подводить к зачерненному металлическому шару радиусом  $2\text{ см}$ , чтобы поддерживать его температуру на  $27\text{ K}$  выше температуры окружающей среды, равной  $20^{\circ}\text{C}$ ? Считать, что тепло теряется только вследствие излучения.

171. С какой скоростью должен двигаться электрон, чтобы его кинетическая энергия была равна энергии фотона с длиной волны  $520\text{ нм}$ ?

172. При какой температуре кинетическая энергия молекулы двухатомного газа будет равна энергии фотона с длиной волны  $589\text{ нм}$ ?

173. Найти массу фотона, импульс которого равен импульсу молекулы водорода при температуре  $20^{\circ}\text{C}$ . Скорость молекулы считать равной средней квадратичной скорости.

174. Найти частоту света вырывающего с поверхности металла электроны, полностью задерживающиеся обратным потенциалом  $3\text{ В}$ . Фотоэффект у этого металла начинается при частоте падающего света  $6 \cdot 10^{14}\text{ Гц}$ . Найти работу выхода электрона из металла.

175. Кванты света с энергией  $4,9\text{ эВ}$  вырывают фотоэлектроны из металла с работой выхода  $4,5\text{ эВ}$ . Найти максимальный импульс, передаваемый поверхности металла при вылете каждого электрона.

176. Определить постоянную Планка  $h$ , если известно, что фотоэлектроны, вырываемые с поверхности металла светом с частотой  $2,2 \cdot 10^{15}\text{ Гц}$ , полностью задерживаются обратным потенциалом  $6,6\text{ В}$ , а вырываемые светом с частотой  $462 \cdot 10^{15}\text{ Гц}$  - потенциалом  $16,5\text{ В}$ .

177. Найти давление света на стенки электрической  $100\text{-ваттной}$  лампы. Колба лампы представляет собой сферический сосуд радиусом  $5\text{ см}$ . Стенки лампы отражают  $4\%$  и пропускают  $6\%$  падающего на них света. Считать, что вся потребляемая мощность идет на излучение.

178. На поверхность площадью  $100\text{ см}^2$  ежеминутно падает  $63\text{ Дж}$  световой энергии. Найти световое давление в случае, когда поверхность полностью отражает лучи и в случае, когда поверхность полностью поглощает падающие на нее лучи.

179. Найти длину волны де Бройля для электронов прошедших ускоряющую разность потенциалов: 1)  $1\text{ В}$  и 2)  $100\text{ В}$ .

180. Заряженная частица, ускоренная разностью потенциалов  $200\text{ В}$ , имеет длину волны де Бройля  $2,02\text{ пм}$ . Найти массу частицы, если известно, что заряд ее численно равен заряду электрона.

181. Оценить с помощью соотношения неопределенностей неопределенность скорости электрона в атоме водорода, полагая размер атома –  $0,1\text{ нм}$ . Срав-

нить полученную величину со скоростью электрона на первой боровской орбите данного атома.

182. Оценить с помощью соотношения неопределенностей минимальную кинетическую энергию электрона, локализованного в области размером 0,2 нм.

183. Электрон с кинетической энергией 4 эВ локализован в области размером 1 мкм. Оценить с помощью соотношения неопределенностей относительную неопределенность его скорости.

184. Электрон находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Ширина ямы  $l$ . Оценить с помощью соотношения неопределенностей силу давления электрона на стенки этой ямы при минимально возможной его энергии.

185. Электрон находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Найти ширину ямы, если разность энергии между ее уровнями с  $n=2$  и  $n=3$  составляет 0,3 эВ.

186. Частица находится в основном состоянии в одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной  $l$  с абсолютно непроницаемыми стенками ( $0 < x < l$ ). Найти вероятность пребывания частицы в области  $l/3 < x < 2l/3$ .

187. Частица находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Ширина ямы  $l$ . Найти нормированные волновые функции стационарных состояний частицы, взяв начало отсчета координаты  $x$  в середине ямы.

188. Волновая функция частицы массы  $m$  для основного состояния в одномерном потенциальном поле  $U(x) = \frac{kx^2}{2}$  имеет вид  $\psi(x) = A \exp(-\alpha x^2)$ , где  $A$  и  $\alpha$  – некоторые постоянные. Найти при помощи уравнения Шредингера постоянную  $\alpha$  и энергию  $E$  частицы в этом состоянии.

189. Определить энергию электрона атома водорода в состоянии, для которого волновая функция имеет вид  $\psi(r) = A(1+br) \exp(-\alpha r)$ , где  $A$ ,  $b$  и  $\alpha$  некоторые постоянные.

190. Волновая функция электрона для основного состояния атома водорода имеет вид  $\psi(r) = A \exp(-\frac{r}{r_1})$ , где  $A$  – некоторая постоянная,  $r_1$  – первый боровский радиус. Найти наиболее вероятное расстояние между электроном и ядром.

191. В урановой руде отношение числа ядер  $U^{238}$  к числу ядер  $Pb^{206}$  составляет 2,8. Оценить возраст руды, считая, что весь свинец  $Pb^{206}$  является конечным продуктом распада уранового ряда. Период полураспада  $U^{238}$  равен  $4,5 \cdot 10^9$  лет.

192. Определить возраст древних деревянных предметов, если удельная активность изотопа  $C^{14}$  них составляет  $3/5$  удельной активности этого же изотопа в только что срубленных деревьях. Период полураспада  $C^{14}$  равен 5570 лет.

193. Покоившееся ядро  $Po^{200}$  испустило  $\alpha$ -частицу с кинетической энергией 5,77 МэВ. Найти скорость отдачи дочернего ядра. Какую долю полной энер-

гии, освобождаемой в этом процессе, составляет энергия отдачи дочернего ядра?

194. Определить количество тепла, которое выделяет 1 мг препарата  $\text{Po}^{210}$  за период, равный среднему времени жизни этих ядер, если испускаемые  $\alpha$ -частицы имеют кинетическую энергию 5,3 МэВ и практически все дочерние ядра образуются непосредственно в основном состоянии.

195. Альфа-распад ядер (из основного состояния) сопровождается испусканием двух групп  $\alpha$ -частиц с кинетическими энергиями 5,3 и 4,5 МэВ. В результате дочерние ядра оказываются соответственно в основном и возбужденном состояниях. Найти энергию  $\gamma$ -квантов, испускаемых возбужденными ядрами.

196. Вычислить энергию, необходимую для разделения ядра  $\text{Ne}^{20}$  на две  $\alpha$ -частицы и ядро  $\text{C}^{12}$ , если энергия связи на один нуклон в ядрах  $\text{Ne}^{20}$ ,  $\text{He}^4$ ,  $\text{C}^{12}$  равны 8,03, 7,07 и 7,68 МэВ.

197. Сколько тепла выделяется при образовании одного грамма  $\text{He}^4$  из дейтерия? Какая масса каменного угля с удельной теплотой сгорания 30 кДж/г эквивалентна этому теплу?

198. Найти энергию реакции  $\text{N}^{14}(\alpha, p)\text{O}^{17}$ , если кинетическая энергия вылетающей  $\alpha$ -частицы равна 4 МэВ и протон, вылетевший под углом  $60^\circ$  к направлению движения  $\alpha$ -частицы, имеет кинетическую энергию 2,09 МэВ.

199. Протоны, налетающие на неподвижную литиевую мишень, возбуждают реакцию  $\text{Li}^7(p, n)\text{Be}^7$ . При какой кинетической энергии протона возникший нейтрон может оказаться покоящимся?

200. Альфа частица с кинетической энергией 5,3 МэВ возбуждает реакцию  $\text{Be}^9(\alpha, n)\text{C}^{12}$ , энергия которой равна +5,7 МэВ. Найти кинетическую энергию нейтрона, вылетевшего под прямым углом к направлению движения  $\alpha$ -частицы.

## **ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ II СЕМЕСТРА ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ, МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕРМОДИНАМИКИ**

1. Единицы измерения физических величин
2. Материальная точка. Система отсчета. Траектория, путь, перемещение.
3. Скорость как производная радиуса-вектора по времени.
4. Ускорение и его составляющие.
5. Угловая скорость и угловое ускорение, их связь с линейными величинами.
6. Законы Ньютона.
7. Импульс. Закон сохранения импульса.
8. Силы в природе (силы трения, силы упругости, гравитационные силы).
9. Силы в природе ( гравитационные силы).
10. Центр масс механической системы и закон его движения.
11. Работа силы. Мощность.
12. Энергия как универсальная мера различных форм движения и взаимодействия материи. Кинетическая энергия.

13. Поле как форма материи. Консервативные и неконсервативные силы. Потенциальное поле.
14. Потенциальная энергия материальной точки и ее связь с силой.
15. Понятие о градиенте скалярной функции.
16. Закон сохранения механической энергии. Консервативные и диссипативные системы.
17. Удар абсолютно упругих и неупругих тел.
18. Момент силы. Плечо силы.
19. Момент инерции. Уравнение динамики вращательного движения.
20. Теорема Штейнера. Кинетическая энергия вращающегося тела.
21. Момент импульса материальной точки и твердого тела относительно неподвижной оси и закон его сохранения.
22. Гармонические колебания и их характеристики.
23. Энергия гармонических колебаний.
24. Пружинный, физический и математический маятники.
25. Вынужденные колебания. Резонанс.
26. Образование волн в упругой среде. Гармонические волны и их характеристики
27. Уравнение волны. Звук.
28. Элементы специальной теории относительности
29. Представление о свойствах пространства и времени в классической механике.
30. Понятие о релятивистской механике.
31. Основные положения МКТ газов.
32. Опытные законы идеального газа. Уравнение Клапейрона-Менделеева.
33. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеальных газов. Средняя квадратичная скорость движения молекул.
34. Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул идеального газа. Молекулярно-кинетическое толкование термодинамической температуры.
35. Закон Максвелла для распределения молекул идеального газа по скоростям. Наиболее вероятная и средняя арифметическая скорости движения молекул.
36. Барометрическая формула. Закон Больцмана для распределения частиц во внешнем потенциальном поле.
37. Среднее число столкновений и средняя длина свободного пробега молекул.
38. Диффузия, теплопроводность и вязкость газов.
39. Экспериментальные законы диффузии, теплопроводности и вязкости газов.
40. Число степеней свободы молекул. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы молекул.
41. Внутренняя энергия. Количество теплоты
42. Первое начало термодинамики. Работа газа при изменении его объема.
43. Теплоемкость. Удельная и молярная теплоемкости вещества.

44. Теплоемкости при постоянном давлении и постоянном объеме. Уравнение Майера.
45. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам.
46. Адиабатический процесс. Политропный процесс. Круговой процесс (цикл). Обратимые и необратимые процессы.
47. Тепловые двигатели и холодильные машины. Цикл Карно и его к.п.д. для идеального газа.
48. Энтропия. Неравенство Клаузиуса. Энтропия идеального газа. Термодинамическая вероятность и ее связь с энтропией.
49. Второе начало термодинамики. Статистическое толкование второго начала термодинамики. Теорема Нернста-Планка.
50. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса.

### **ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ III СЕМЕСТРА ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ**

1. Электрические свойства тел. Закон сохранения электрического заряда.
2. Закон Кулона.
3. Напряженность электростатического поля. Принцип суперпозиции электростатических полей.
4. Поток вектора напряженности. Теорема Остроградского-Гаусса для электростатического поля в вакууме.
5. Применение теоремы Остроградского-Гаусса к расчету электростатических полей тел различной формы.
6. Работа по перемещению заряда в электростатическом поле.
7. Циркуляция вектора напряженности электростатического поля. Признак потенциальности поля.
8. Потенциал электростатического поля.
9. Напряженность как градиент потенциала. Эквипотенциальные поверхности.
10. Электрический диполь. Типы диэлектриков.
11. Свободные и связанные заряды. Поляризация диэлектриков.
12. Напряженность поля в диэлектрике.
13. Электрическое смещение. Теорема Остроградского-Гаусса для электростатического поля в диэлектрике.
14. Условия на границе раздела двух диэлектриков.
15. Сегнетоэлектрики. Пьезоэлектрический эффект.
16. Проводники в электростатическом поле. Поле внутри проводника и у его поверхности.
17. Распределение зарядов в проводнике.
18. Емкость уединенного проводника.
19. Конденсаторы. Соединение конденсаторов.
20. Энергия электростатического поля.
21. Сила и плотность тока. Электродвижущая сила и напряжение.
22. Закон Ома для однородного участка цепи. Сопротивление проводников.
23. Работа и мощность тока.

24. Закон Джоуля-Ленца.
25. Закон Ома для неоднородного участка цепи.
26. Правила Кирхгофа для разветвленных цепей.
27. Классическая электронная теория проводимости металлов.
28. Объяснение законов Ома, Джоуля-Ленца и Видемана-Франца из электронных представлений.
29. Температурная зависимость сопротивления металлов. Сверхпроводимость.
30. Контактная разность потенциалов. Законы Вольта.
31. Термоэлектрические явления Зеебека, Пельтье и Томсона.
32. Электролиз. Законы Фарадея.
33. Несамостоятельный газовый разряд.
34. Самостоятельный газовый разряд и его виды.
35. Плазма
36. Магнитное поле и его характеристики.
37. Закон Био-Савара-Лапласа и его применение к расчету магнитного поля.
38. Закон Ампера. Взаимодействие параллельных токов.
39. Действие магнитного поля на движущийся заряд. Сила Лоренца.
40. Ускорители заряженных частиц. Эффект Холла.
41. Циркуляция вектора магнитной индукции и ее применение к расчету магнитного поля.
42. Поток вектора магнитной индукции. Теорема Гаусса о потоке вектора магнитной индукции.
43. Работа по перемещению проводника и контура с током в магнитном поле.
44. Явление электромагнитной индукции. опыты Фарадея. Закон Фарадея. Правило Ленца.
45. Индуктивность контура. Явление само- и взаимной индукции.
46. Энергия магнитного поля. Объемная плотность энергии.
47. Магнитные моменты электронов и атомов. Гиромагнитное отношение.
48. Диа- и парамагнетизм. Намагниченность.
49. Магнитное поле в веществе. Ферромагнетики и их свойства.
50. Основы теории Максвелла для электромагнитного поля. Вихревое электрическое поле. Ток смещения.
51. Уравнения Максвелла для электромагнитного поля в интегральной форме.
52. Электромагнитные волны и их свойства. Энергия электромагнитных волн. Вектор Умова-Пойтинга.

**ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ IV СЕМЕСТРА  
ОПТИКА. АТОМНАЯ И ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА.  
ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ**

1. О природе света.
2. Преломление и отражение света.
3. Линзы.
4. Основы фотометрии.
5. Когерентность и монохроматичность световых волн. Интерференция света.

6. Методы наблюдения интерференции света.
7. Расчет интерференционной картины от двух когерентных источников волн.
8. Интерференция света в тонких пленках.
9. Полосы равной толщины и равного наклона.
10. Применение интерференции света.
11. Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля.
12. Метод зон Френеля. Прямолинейное распространение света.
13. Дифракция Френеля на круглом отверстии и диске.
14. Дифракция Фраунгофера на одной щели.
15. Дифракция Фраунгофера на дифракционной решетке.
16. Дифракция на пространственной решетке. Формула Вульфа-Брэггов. Понятие о рентгеноструктурном анализе и рентгеновской спектроскопии.
17. Разрешающая способность оптических приборов. Понятие о голографии.
18. Дисперсия света.
19. Поглощение света. Закон Бугера-Ламберта.
20. Рассеяние света мутными средами. Закон Рэлея. Молекулярное рассеяние света.
21. Эффект Доплера. Излучение Вавилова-Черенкова.
22. Естественный и поляризованный свет. Поляризаторы. Закон Малюса.
23. Поляризация света на границе двух диэлектриков. Закон Брюстера.
24. Двойное лучепреломление. Обыкновенный и необыкновенный лучи.
25. Оптически активные среды. Вращение плоскости поляризации и его использование для определения концентрации растворов (поляриметрия).
26. Тепловое излучение и его характеристики. Абсолютно черное тело. Закон Кирхгофа.
27. Закон Стефана - Больцмана. Закон смещения Вина. Формула Рэлея-Джинса.
28. Квантовый характер излучения. Формула Планка.
29. Внешний фотоэффект и его законы. Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта.
30. Масса и импульс фотона.
31. Давление света.
32. Эффект Комптона.
33. Строение ядра и его характеристики.
34. Дефект массы и энергия связи ядра.
35. Ядерные силы и модели ядра.
36. Радиоактивность.
37. Природа и основные свойства  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – излучений.
38. Закон радиоактивного распада.
39. Ядерные реакции.
40. Реакции деления. Цепная реакция.
41. Понятие об ядерной энергетике.
42. Реакция синтеза. Перспектива управляемой термоядерной реакции.

43. Диалектическое единство корпускулярных и волновых свойств электромагнитного излучения.  
Формула де Бройля.
44. Соотношение неопределенностей.
45. Волновая функция и ее статистический смысл.
46. Общее уравнение Шредингера.
47. Уравнение Шредингера для стационарных состояний.
48. Принцип причинности в квантовой механике.
49. Движение свободной частицы.
50. Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими «стенками». Прохождение частицы сквозь потенциальный барьер. Туннельный эффект. Коэффициент прозрачности потенциального барьера.
51. Линейный гармонический осциллятор в квантовой механике. Энергия квантового осциллятора.
52. Постановка задачи об атоме водорода в квантовой механике. Квантование энергии электрона в атоме. Главное, орбитальное и магнитное квантовые числа.
53. Расщепление спектральных линий в спектре атома. Эффекты Зеемана и Штарка. Спектр атома водорода. Правило отбора. Серии спектральных линий. Формула Бальмера.
54. Опыт Штерна и Герлаха.
55. Спин электрона. Спиновое и магнитное квантовые числа.
56. Принцип неразличимости тождественных частиц. Фермионы и бозоны.
57. Принцип Паули. Распределение электронов в атоме по состояниям.
58. Рентгеновские спектры. Характеристическое рентгеновское излучение. Закон Мозли. Молекулярные и атомные спектры. Комбинационное рассеяние света. Поглощение, спонтанное и вынужденное излучения.

### НЕКОТОРЫЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ПОСТОЯННЫЕ

Атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Гравитационная постоянная	$G = 6,672 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
Магнитная постоянная	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$
Масса покоя нейтрона	$m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса покоя протона	$m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса покоя электрона	$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
Нормальные условия:	
атмосферное давление	$p_0 = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Па}$
температура	$T = 273 \text{ К}$
Постоянная Авогадро	$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
Постоянная Вина	$b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$
Постоянная Планка	$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Постоянная Стефана-Больцмана	$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$

Постоянная Фарадея  $F = 96484$  Кл/моль  
Скорость света в вакууме  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с  
Универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль·К)  
Ускорение свободного падения  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>  
Элементарный заряд  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл  
Электрическая постоянная  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м

### ПЛОТНОСТИ НЕКОТОРЫХ ВЕЩЕСТВ

Вещество	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>
Азот	1,25
Вода	1000
Воздух	1,29
Вольфрам	19100
Железо	7870
Кислород	1,43
Медь	8900
Углекислый газ	1,98

### ЛИТЕРАТУРА

1. Трофимова, Т.И. Курс физики / Т.И. Трофимова. – М. : Высшая школа, 2007. – 465 с.
2. Савельев, И.В. Курс общей физики / И.В. Савельев. – М. : Астрель, 2006. – 479 с.
3. Лаврова, И. В. Курс физики / И.В. Лаврова. – М. : Просвещение, 1981. – 378 с.
4. Грабовский, Р. И. Курс физики / Р.И. Грабовский. – СПб. : Лань, 2004. – 522 с.
5. Чертов, А.Г. Физика. Методические указания и контрольные задания / А.Г. Чертов. – М.: Высш. школа, 1987. – 209 с.
6. Иродов, И.Е. Задачи по общей физике / И.Е. Иродов. – СПб. : Лань, 2001. – 287 с.