

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ АКАДЕМИКА И.Г. ПЕТРОВСКОГО»

Естественно-научный институт  
Физико-математический факультет  
Кафедра экспериментальной и теоретической физики

УТВЕРЖДАЮ:

Директор естественно-научного  
института



В.И. Горбачев

«29» марта 2022 г.

## **ПРОГРАММА**

**вступительного испытания по специальности основной  
образовательной программы высшего образования – программы  
подготовки научных и научно-педагогических кадров  
в аспирантуре**

**научная специальность (отрасль науки)**

**1.3.8 Физика конденсированного состояния  
(физико-математические науки)**

**Программа вступительного испытания по научной специальности 1.3.8 Физика конденсированного состояния (физико-математические науки) основной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре / составитель: доктор физико-математических наук , профессор В.В. Новиков. – Брянск: БГУ, 2022. – 20 с.**

Программа составлена в соответствии с Приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 6 августа 2021 г. № 721 «Об утверждении Порядка приема на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре».

Программа утверждена на заседании кафедры экспериментальной и теоретической физики от «24» марта 2022 г., протокол № 8.

Составитель В.В. Новиков В.В. Новиков

## 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам магистратуры<sup>1</sup>.

### **Цель вступительного испытания:**

– определить готовность и возможность поступающего освоить выбранную программу аспирантуры и выявить научные интересы и потенциальные возможности в сфере будущей научно-исследовательской работы.

### **Задачи:**

– оценка уровня готовности поступающих в аспирантуру к самостоятельному обучению новым методам и исследовательским практикам, самостоятельной профессиональной подготовке и освоению смежных областей знания;

– выявление способности у поступающих в аспирантуру проводить самостоятельные научные исследования;

– выявление способности у поступающих в аспирантуру вести научные дискуссии, делать обобщения и формулировать научные выводы.

### **Поступающий в аспирантуру должен:**

#### знать:

фундаментальные основы в области физики необходимые для решения научно-исследовательских задач;

#### уметь:

в сфере своей профессиональной деятельности организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность для поиска, выработки и принятия решений в области физики;

#### владеть:

современными методами при решении профессиональных задач в том числе с использованием современной аппаратуры и информационных технологий.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

### РАЗДЕЛ 1 ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ

#### **Тема 1 Кинематика материальной точки**

Введение. Предмет физики и методы физических исследований. Содержание и структура физики. Связь физики с другими науками и техникой. Роль курса общей физики в подготовке учителя. Введение. Предмет механики. Краткий исторический обзор развития механики.

Понятие «материальная точка». Представления Ньютона о свойствах пространства и времени. Системы отсчёта, эталоны длины и времени.

---

<sup>1</sup> Правила приема в федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского» на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре в 2022 году

Относительность движения. Радиус вектор, векторы перемещения, скорости и ускорения, траектория движения и пройденный путь. Уравнения движения в векторной и координатной форме. Принцип независимости движения. Преобразование Галилея для координат и скоростей. Классический закон сложения скоростей. Прямолинейное равномерное и равноускоренное движение. Основные законы кинематики.

Движение точки по окружности. Угловое перемещение, угловая скорость, угловое ускорение. Связь линейных и угловых величин. Векторы угловой скорости и углового ускорения. Тангенциальное и нормальное ускорения. Общий случай криволинейного движения. Естественный способ описания движения.

## **Тема 2 Динамика материальной точки**

Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчёта. Понятие о массе и силе, их измерение. Аддитивность массы. Принцип независимости действия сил.

Второй закон Ньютона. Принцип относительности Галилея. Третий закон Ньютона. Границы применимости механики Ньютона.

Импульс, закон сохранения импульса материальной точки. Момент импульса материальной точки, момент силы, момент инерции. Сохранение момента импульса материальной точки при движении под действием центральной силы.

Силы в природе, фундаментальные взаимодействия. Движение при наличии трения. Законы сухого трения. Трение покоя и трение скольжения. Роль силы трения покоя при качении. Трение качения. Жидкое трение. Движение тел в вязкой среде. Формула Стокса. Значение сил трения в природе и технике.

Упругие силы. Упругость твёрдых тел. Виды упругих деформаций: одностороннее растяжение (сжатие), всестороннее сжатие, сдвиг, кручение. Закон Гука для различных деформаций. Модули упругости, коэффициент Пуассона, предел упругости.

Потенциальная энергия упруго деформированного тела. Плотность энергии деформированного тела.

Всемирное тяготение. Закон Тяготения Ньютона, постоянная тяготения и её измерение. Тяжёлая и инертная массы. Эйнштейновский принцип эквивалентности сил инерции и тяготения.

Понятие о поле тяготения. Напряжённость и потенциал поля тяготения. Первая, вторая и третья космические скорости.

Работа и мощность силы. Кинетическая энергия. Потенциальные и не потенциальные силы. Потенциальная энергия. Связь силы с потенциальной энергией. Сохранение полной энергии материальной точки в поле потенциальной силы.

## **Тема 3 Динамика системы материальных точек. Законы сохранения**

Система материальных точек. Силы внешние и внутренние. Замкнутая система. Движение системы материальных точек. Центр масс. Координаты центра масс. Движение центра масс. Закон сохранения импульса замкнутой системы материальных точек. Реактивное движение. Уравнения Мещерского и Циолковского. Консервативные и неконсервативные системы. Закон сохранения энергии в консервативной системе. Внутренняя энергия системы. Закон

сохранения энергии в неконсервативной системе. Применение законов сохранения импульса и энергии к анализу упругого и неупругого соударений. Механика твёрдого тела. Абсолютно твёрдое тело. Поступательное и вращательное движение абсолютно твёрдого тела. Центр тяжести. Мгновенные оси вращения. Понятие о степенях свободы и связях. Вращение тела относительно неподвижной оси. Пара сил, момент пары. Кинетическая энергия вращающегося твёрдого тела. Момент инерции и момент импульса твёрдого тела. Основное уравнение вращательного движения.

Теорема Штейнера. Закон сохранения момента импульса, примеры его проявления. Гирокоспический эффект и его применение.

Условие равновесия твёрдого тела. Виды равновесия.

#### **Тема 4 Колебания и волны**

Гармонические колебания. Амплитуда, частота, фаза колебаний. Смещение, скорость и ускорение при гармоническом колебательном движении. Связь колебательного и вращательного движений, векторные диаграммы. Сложение колебаний одного направления с одинаковыми и разными частотами. Биения. Сложение взаимно-перпендикулярных колебаний. Фигуры Лиссажу. Понятие о спектре и гармоническом (спектральном) анализе.

Движение под действием упругих и квазиупругих сил. Уравнение движения простейших механических колебательных систем без трения: пружинный, математический, физический и крутильный маятники. Собственная частота колебаний. Кинетическая, потенциальная и полная энергии колеблющегося тела.

Уравнение движения колебательных систем с жидким трением. Затухающие колебания. Коэффициент затухания, логарифмический декремент, добротность и их связь с параметрами колебательной системы.

Вынужденные колебания. Уравнение вынужденных колебаний и анализ его решения. Амплитуда и фаза вынужденных колебаний. Резонанс.

Понятие о линейных и нелинейных колебательных системах, автоколебания.

Распространение колебаний в однородной упругой среде. Продольные и поперечные волны. Волновое уравнение. Фазовая скорость волны. Уравнение плоской гармонической бегущей волны. Смещение, скорость и относительная деформация в бегущей волне. Энергия бегущей волны. Поток энергии. Вектор Умова. Интенсивность волны.

Интерференция волн. Стоячие волны. Смещение, скорость и относительная деформация в стоячей волне.

Акустика. Природа звука. Скорость звука в твёрдых телах, жидкостях и газах. Источники и приёмники звука. Голосовой и слуховой аппарат человека. Объективные и субъективные характеристики звука. Эффект Доплера в акустике. Ультразвук и его применение. Понятие об инфразвуке.

#### **Тема 5 Механика жидкостей и газов**

Давление в жидкостях и газах. Измерение давления. Распределение давления в покоящихся жидкостях и газах. Закон Паскаля. Сила Архимеда. Условия плавания тел.

Идеальная жидкость. Слоистое стационарное движение жидкости. Уравнение неразрывности струи. Уравнение Бернулли для идеальной жидкости и его следствия.

Формула Торричелли. Реакция вытекающей струи. Движение вязкой жидкости. Формула Пуазейля. Ламинарное и турбулентное течения. Число Рейнольдса.

Движение тел в жидкости: сила лобового сопротивления и подъёмная сила. Подъёмная сила крыла самолёта, объяснение её по Жуковскому.

### **Тема 6 Движение в неинерциальной системе отсчёта**

Неинерциальные системы отсчёта. Силы инерции. Сила инерции в прямолинейно движущейся НИСО. Равномерно вращающаяся НИСО. Центробежная сила инерции. Сила Кориолиса. Проявление сил инерции на Земле. Маятник Фуко.

### **Тема 7 Элементы специальной теории относительности**

Постулаты Эйнштейна. Система отсчёта в СТО. Относительность одновременности в СТО. Относительность длин и промежутков времени в СТО. Преобразование Лоренца. Релятивистский закон преобразования скоростей. Пространственные и временные интервалы.

Релятивистская динамика. Масса, импульс, энергия в СТО. Взаимосвязь массы и энергии. Релятивистская форма второго закона Ньютона. Полная энергия в СТО. Законы сохранения массы, энергии и импульса в СТО, их проявление. Понятие об общей теории относительности.

## **РАЗДЕЛ 2 МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА**

### **Тема 2 Основы термодинамики**

Основные понятия термодинамики: термодинамическая система, термодинамические параметры, термодинамическое равновесие. Внутренняя энергия системы. Взаимодействие термодинамических систем. Работа и теплота как форма обмена энергией между системами. Первое начало термодинамики. Теплоёмкость вещества. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам в идеальных газах. Адиабатный и политропный процессы идеальных газов.

Обратимые и необратимые процессы. Термодинамическая вероятность. Круговые процессы. Принцип работы тепловой и холодильной машин. Цикл Карно. Теорема Карно. Энтропия и её связь с вероятностью состояния. Формула Больцмана. Возрастание энтропии изолированной системы. Формула Клаузиуса. Второе начало термодинамики. Различные формулировки второго начала и их эквивалентность. Статистическое истолкование второго начала. Границы применимости второго начала. Теорема Нернста.

### **Тема 2 Реальные газы и жидкости**

Силы межмолекулярного взаимодействия в газах. Экспериментальные изотермы реального газа. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Сопоставление изотерм Ван-дер-Ваальса с экспериментальными изотермами. Критическое состояние вещества.

Внутренняя энергия реального газа. Эффект Джоуля – Томпсона. Сжижение газов и получение низких температур. Фазовые переходы. Диаграмма равновесия жидкости и пара. Уравнение Клайперона – Клаузиуса. Влажность.

Современное представление о структуре жидкости. Ближний порядок.

Поверхностный слой. Поверхностное натяжение. Смачивание. Формула Лапласа. Капиллярные явления. Давление насыщенных паров над мениском. Растворы. Осмотическое давление.

### **Тема 3 Основы молекулярно-кинетической теории**

Предмет молекулярной физики. Экспериментальное обоснование молекулярно-кинетической теории вещества. Термодинамический и статистический подходы к изучению макроскопических систем.

Равновесное состояние как наиболее вероятное. Элементы теории флуктуаций. Броуновское движение. Идеальный газ. Основное уравнение кинетической теории идеального газа. Средняя энергия молекул идеального газа. Закон о равномерном распределении энергии по степеням свободы. Статистическое истолкование температуры и давления.

Закон распределения молекул по скоростям и энергиям. Экспериментальная проверка закона распределения молекул по скоростям. Барометрическая формула. Распределение Больцмана для частиц во внешнем потенциальном поле. Распределение Максвелла – Больцмана.

### **Тема 4 Элементы физической кинетики**

Основные понятия: число столкновений молекул, средняя длина свободного пробега, среднее эффективное сечение, время релаксации. Явление переноса как процесс перехода систем в равновесное состояние. Диффузия, внутреннее трение и теплопроводность в газах. Теплопроводность и внутреннее трение при низком давлении, технический вакуум.

## **РАЗДЕЛ 3 ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ**

### **Тема 1 Электрическое поле в вакууме**

Электромагнитное взаимодействие. Электрические заряды и поля. Свойства электрического заряда: два вида заряда, закон сохранения заряда, дискретность заряда. Описание макроскопических заряженных тел: модели точечного и непрерывно распределённого заряда.

Закон Кулона. Вектор напряжённости поля точечного заряда. Суперпозиция полей. Вычисление поля диполя. Диполь во внешнем однородном и неоднородном полях.

Поток вектора напряжённости. Теорема Остроградского - Гаусса, её интегральная и дифференциальная формы. Расчёт простейших полей.

Потенциальный характер электростатического поля. Циркуляция вектора напряжённости. Потенциал электростатического поля и его градиент. Связь между напряжённостью поля и потенциалом. Потенциал поля точечного заряда, заряженной сферы и системы зарядов. Экспериментальное определение заряда электрона.

### **Тема 2 Проводники и диэлектрики в электрическом поле**

Распределение зарядов в проводнике. Эквипотенциальность проводника. Напряжённость поля у поверхности проводника и её связь с поверхностной плотностью заряда.

Проводники во внешнем электростатическом поле. Наведённые заряды.

Электризация через влияние. Электростатическая защита. Учёт поля наведённых зарядов, метод зеркальных изображений. Электростатический генератор Ван-де-Граафа.

Свободные и связанные заряды. Полярные и неполярные молекулы. Поляризация диэлектриков. Вектор поляризации. Вектор электрического смещения. Диэлектрическая проницаемость и восприимчивость. Электрическое поле в диэлектрике. Скачок электрического поля на границе двух диэлектриков. Теорема Остроградского-Гаусса для поля в диэлектрике, её интегральная и дифференциальная формы. Сегнетоэлектрики. Электреты. Пьезоэлектричество.

Ёмкость. Плоский, сферический и цилиндрический конденсаторы. Соединение конденсаторов.

Энергия электростатического поля. Энергия системы точечных зарядов, заряженного проводника, заряженного конденсатора. Плотность энергии поля.

### **Тема 3 Постоянный ток**

Движение зарядов в электрическом поле. Электрический ток. Закон Ома для однородного участка цепи. Сопротивление проводника. Дифференциальная форма закона Ома. Сторонние силы. Электродвижущая сила.

Закон Ома для участка цепи, содержащей ЭДС и для замкнутой цепи. Разность потенциалов и напряжение. Работа и мощность в цепи постоянного тока. Закон Джоуля – Ленца. Дифференциальная форма закона Джоуля – Ленца.

Разветвлённые цепи. Законы Кирхгофа. Природа тока в металлах. Опыты Манделштама и Папалекси, Толмена и Стюарта. Классическая теория электропроводности металлов. Зависимость сопротивления металлов от температуры. Трудности классической теории проводимости металлов.

Электрический ток в электролитах. Проводимость электролитов. Электролитическая диссоциация. Закон Ома для электролитов. Подвижность ионов в электролите. Законы Фарадея. Определение заряда иона. Использование электролиза в технике. Гальванические элементы.

Электрический ток в газах. Процессы ионизации и рекомбинации. Несамостоятельный газовый разряд. Теория самостоятельной проводимости газов. Самостоятельный газовый разряд. Виды разрядов (тлеющий, дуговой, искровой и коронный). Понятие о плазме. Использование разрядов в технике.

### **Тема 4 Магнитное поле постоянного тока**

Взаимодействие токов. Магнитное поле электрического тока. Индукция и напряжённость магнитного поля. Закон Био – Савара – Лапласа. Магнитное поле прямого тока, кругового и соленоидального токов. Поток вектора магнитной индукции. Теорема Остроградского – Гаусса для вектора магнитной индукции интегральная и дифференциальная формы.

Циркуляция вектора напряжённости магнитного поля. Вихревой характер магнитного поля. Закон полного тока, его интегральная и дифференциальная форма.

Закон Ампера. Виток с током в магнитном поле. Магнитный момент тока.

Сила Лоренца. Релятивистское истолкование магнитного взаимодействия движущегося заряда и проводника с током. Эффект Холла и его применение. Принцип работы магнитогидродинамического генератора. Циклические ускорители заряженных частиц.

## **Тема 5 Электромагнитная индукция**

Опыты Фарадея. Электродвижущая сила индукции. Закон Фарадея-Максвелла, его интегральная и дифференциальная формы. Закон Ленца. Вихревые токи. Скин-эффект. Явление самоиндукции. Индуктивность. Электродвижущая сила самоиндукции. Токи замыкания и размыкания цепи. Явление взаимной индукции.

Работа силы Ампера. Энергия магнитного поля токов. Плотность энергии магнитного поля.

Получение переменной ЭДС. Проблема передачи электроэнергии на расстояние. Трансформаторы.

## **Тема 6 Электромагнитное поле**

Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Опыты Роуанда, Эйхенвальда. Полная система уравнений Максвелла для электромагнитного поля (интегральная и дифференциальная формы). Собственные электрические колебания в контуре. Формула Томпсона. Затухающие колебания в электрическом контуре с активным сопротивлением. Дифференциальное уравнение собственных и затухающих электрических колебаний и анализ их решения. Вынужденные электрические колебания. Дифференциальное уравнение вынужденных колебаний и анализ его решения. Резонанс.

## **Тема 7 Электромагнитные волны**

Волновое уравнение для полей в свободном пространстве. Скорость распространения электромагнитной волны. Поток электромагнитной энергии. Объёмная плотность энергии электромагнитного поля. Вектор Умова – Пойнтинга. Интенсивность волны. Излучение электромагнитных волн. Опыты Герца. Вибратор Герца.

# **РАЗДЕЛ 4 ОПТИКА**

## **Тема 1 Волновая оптика**

Электромагнитная теория света. Интерференция света. Явление интерференции. Понятие о когерентности. Временная и пространственная когерентность. Методы наблюдения интерференции в оптике. Интерференция в тонких плёнках. Многолучевая интерференция. Интерферометры. Интерференционные фильтры. Просветление линз.

Явление дифракции. Принцип Гюйгенса – Френеля. Зоны Френеля. Дифракция Френеля и Фраунгофера. Объяснение прямолинейности распространения света в волновой теории. Зонная пластинка. Дифракция Френеля на круглом отверстии и круглом экране, на краю полубесконечного экрана.

Дифракция Фраунгофера от щели. Дифракционная решётка. Дифракционная природа изображения. Разрешающая способность оптических приборов.

Дифракция рентгеновских лучей. Формула Вульфа – Брегга. Понятие о голографии и её применение.

## **Тема 2 Геометрическая оптика**

Геометрическая оптика как предельный случай волной оптики. Принцип

Ферма. Законы отражения и преломления света. Полное отражение. Источники и приёмники света. Основные энергетические и световые величины. Фотометрия. Волоконная оптика. Зеркала. Призмы. Тонкие линзы. Формула линзы. Оптическая сила линзы. Аберрации линз.

Глаз как оптическая система. Оптические приборы. Лупа, микроскоп, телескоп, фотоаппарат, проекционные аппараты.

Поляризация света. Поляризованный и неполяризованный свет. Линейная, эллиптическая и круговая поляризация. Поляризаторы и анализаторы. Закон Малюса. Поляризация света при отражении от диэлектрика. Угол Брюстера. Поляризация света при двойном лучепреломлении. Дихроизм. Интерференция линейно-поляризованных волн. Искусственная анизотропия. Фотоупругий эффект, эффект Керра. Вращение плоскости поляризации. Поляризационные приборы и их применение.

### **Тема 3 Дисперсия, поглощение распространение и рассеяние света**

Дисперсия света. Нормальная и аномальная дисперсия. Коэффициент поглощения. Электронная теория дисперсии и поглощения света. Фазовая и групповая скорости. Эффект Вавилова – Черенкова.

Спектры испускания и поглощения. Спектрометры. Спектральный анализ. Цвета тел.

Понятие о нелинейной оптике. Прохождение света через оптически неоднородную среду. Закон Рэлея. Зависимость интенсивности рассеянного света от угла рассеяния. Молекулярное рассеяние света. Цвет неба и зорь. Радуга.

Скорость света. Классические опыты по измерению скорости света. Опыты по распространению света в движущихся средах: опыты Физо и Майкельсона. Экспериментальное обоснование СТО. Эффект Доплера в оптике. Аберрация света.

### **Тема 4 Основы квантовой оптики**

Фотоэффект. Законы Столетова. Фотонная теория света. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Фотоэлемент, фотоумножитель, электронно-оптический преобразователь. Опыты Вавилова. Давление света. Опыты Лебедева.

Тепловое излучение и его особенности. Лучеиспускающая и поглощающая способности тел. Закон Кирхгофа, его следствия. Излучение абсолютно твёрдого тела. Закон Стефана – Больцмана. Закон смещения Вина. Распределение энергии в спектре излучения. Формула Релея – Джинса. Гипотеза Планка. Формула Планка для спектральной плотности излучения. Оптические пирометры.

## **РАЗДЕЛ 5 ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ И АТОМНОЙ ФИЗИКИ**

### **Тема 1 Основы квантовой механики**

Несостоятельность классической физики при объяснении атомных явлений. Гипотеза де Бройля. Физический смысл волн де Бройля, их свойства. Опытное обоснование корпускулярно-волнового дуализма свойств вещества. Соотношение неопределённостей Гейзенберга. Волновая функция и её физический смысл. Уравнение Шредингера – основное уравнение квантовой механики. Стационарное уравнение Шредингера. Стационарное состояние. Простейшие одномерные

задачи.

Задача о частице в бесконечно глубокой потенциальной яме. Прохождение частицы сквозь потенциальный барьер. Линейный гармонический осциллятор, его энергетический спектр. Движение частицы в центрально-симметричном поле. Радиальное уравнение Шредингера. Атом водорода. Спектральные закономерности. Теория атома водорода по Бору. Опыты Франка и Герца. Принцип соответствия. Теория Бора как промежуточный этап в развитии представлений об атоме.

## **Тема 2 Квантовая теория многоэлектронных атомов**

Современные представления о строении и оптических свойствах атомов. Пространственное квантование. Спин электрона. Экспериментальное подтверждение существования спина электрона (опыты Герлаха и Штерна, дублетный характер спектров атомов щелочных металлов). Квантовая механика систем, состоящих из одинаковых частиц. Принцип неразличимости частиц. Фермионы и бозоны. Принцип Паули. Заполнение электронных оболочек в атомах. Периодическая система Д.И. Менделеева.

Рентгеновское излучение. Получение рентгеновских лучей и их свойства. Сплошной и характеристический спектры рентгеновского излучения. Закон Мозли. Эффект Комптона. Опыт Боте. Применение рентгеновских лучей.

Понятие химических связей и валентности. Молекулярные спектры. Комбинационное рассеяние света. Люминисценция. Правило Стокса.

## **Тема 3 Элементы ядерной физики**

Экспериментальные методы ядерной физики. Счётчики частиц, трековые камеры, фотоэмульсии. Масс спектрометры.

Опыт Резерфорда, планетарная модель строения атома. Строение и основные характеристики атомных ядер. Энергия связи и устойчивость ядер. Ядерные силы и их основные свойства. Понятие о капельной и оболочной моделях ядер. Радиоактивный распад и его основные характеристики. Элементарная теория  $\alpha$ -распада как туннельного перехода,  $\beta$ -распад,  $\gamma$ -излучение. Правила смещения. Резонансное поглощения  $\gamma$ -квантов. Эффект Мёссбауэра.

## **Тема 4 Ядерные реакции**

Примеры ядерных превращений под действием  $\alpha$ -частиц, протонов, нейтронов,  $\gamma$ -квантов.

Реакция деления тяжёлых ядер. Цепная реакция. Ядерные реакторы на тепловых и быстрых нейтронах.

Реакция синтеза. Проблема управляемых термоядерных реакций.

Элементарные частицы. Уровень элементарных частиц. Общие свойства элементарных частиц. Фундаментальные взаимодействия. Лептоны. Адроны. Кварки. Переносчики фундаментальных взаимодействий.

## РАЗДЕЛ 6 ОСНОВЫ ФИЗИКИ ТВЁРДОГО ТЕЛА

### Тема 1 Структура кристаллов

Понятие о кристаллической решётке. Симметрия кристаллов. Кристаллографические системы координат, 14 трансляционных решёток Бравэ. Кристаллографические символы узловых плоскостей и прямых.

Межатомное взаимодействие. Основные типы связей в твёрдых телах. Классификация твёрдых тел. Энергия связи. Молекулярные, ионные, ковалентные и металлические кристаллы. Монокристаллы и поликристаллы. Анизотропия физических свойств монокристаллов.

Дефекты в твёрдых телах. Механические свойства твёрдых тел. Классификация дефектов. Тепловые точечные дефекты. Радиационные дефекты. Дислокации. Напряжённое и деформированное состояние твёрдых тел. Упругость. Закон Гука для изотропных твёрдых тел.

Тепловые свойства твёрдых тел. Теплоёмкость твёрдых тел (закон Дюлонга и Пти). Классическая теория теплоёмкости и её трудности. Понятие о фононах. Тепловое расширение твёрдых тел. Теплопроводность твёрдых тел.

Испарение, сублимация, плавление, кристаллизация. Фазовые переходы I и II рода. Диаграмма состояния. Тройная точка.

### Тема 2 Элементы квантовой статистики

Фазовое пространство. Функция распределения. Понятие о квантовых статистиках (Бозе – Эйнштейна, Ферми – Дирака). Вырожденный электронный газ в металлах.

Элементы квантовой теории металлов. Понятие о квантовой теории электропроводности металлов. Закон Ома в квантовой теории электропроводности металлов. Сверхпроводимость. Магнитные свойства сверхпроводников. Понятие о теории сверхпроводимости. Понятие об эффектах Джозефсона. Применение сверхпроводимости в науке и технике.

Работа выхода электронов из металла. Термоэлектронная эмиссия. Формула Ричардсона – Дэшмана. Электронные лампы, их работа и применение.

### Тема 3 Зонная теория твёрдых тел

Исходные представления зонной теории твёрдых тел. Энергетические зоны в кристаллах в приближении сильной связи. Металлы, диэлектрики и полупроводники по зонной теории. Собственная проводимость полупроводников. Примесная проводимость полупроводников. Фотопроводимость полупроводников.

Контактные явления на границе двух металлов. Термоэлектрические явления и их применение. Контакт электронного и дырочного проводника (p-n-переход). Полупроводниковые диоды и триоды (транзисторы).

### Тема 4 Магнитные свойства вещества

Магнитные моменты электронов и атомов. Диа- и парамагнетизм. Намагниченность. Магнитное поле в веществе. Условия на границе раздела двух магнетиков. Ферромагнетики и их свойства. Природа ферромагнетизма. Антиферромагнетизм. Ферриты.

## **Тема 5 Оптические свойства твёрдых тел**

Поглощение света. Спонтанное и индуцированное излучение света. Инверсное состояние и абсолютная отрицательная температура. Лазер. Применение квантовых генераторов.

### **3. ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ВСТУПИТЕЛЬНОМУ ИСПЫТАНИЮ**

1. Кинематика материальной точки. Способы задания уравнений движения. Траектория, скорость и ускорения при различных способах задания движения.
2. Электростатика вакуума. Закон Кулона. Напряженность электростатического поля. Принцип суперпозиции. Теорема Остроградского – Гаусса и ее применения для расчета напряженности электростатических полей (поле плоскости, нити, сферы, шара).
3. Классические законы сложения скоростей и ускорений. Переносная скорость и переносное ускорение. Кориолисово ускорение.
4. Емкость. Конденсаторы. Емкость плоского, сферического и цилиндрического конденсаторов. Соединения конденсаторов.
5. Кинематика вращательного движения тела вокруг неподвижной оси. Связь линейных и угловых характеристик. Векторы угла поворота, угловой скорости и углового ускорения.
6. Работа сил электростатического поля. Потенциал электростатического поля. Эквипотенциальные поверхности. Связь между потенциалом и напряженностью. Уравнение Пуассона.
7. Динамика материальной точки. Законы Ньютона. Понятие об инерциальной системе отсчета. Понятие о силе и массе. Взаимодействие в классической механике. Границы применимости классической механики.
8. Диэлектрики. Поляризуемость и диэлектрическая проницаемость диэлектриков. Теорема Остроградского-Гаусса в присутствии диэлектриков. Условия на границе диэлектриков.
9. Работа силы. Кинетическая энергия. Теорема об изменении кинетической энергии.
10. Сторонние силы. Электродвижущая сила. Закон Ома для неоднородного участка цепи и для полной цепи. Правила Кирхгофа.
11. Динамика системы материальных точек. Закон сохранения импульса для замкнутых систем. Теорема об изменении импульса для незамкнутых систем. Главный вектор внешних сил.
12. Постоянный электрический ток. Сила тока. Плотность тока. Напряжение. Закон Ома для однородного участка цепи в интегральной и дифференциальной формах.
13. Работа силы. Консервативные и неконсервативные силы. Потенциальная энергия закон сохранения механической энергии. Теорема об изменении механической энергии.
14. Магнитное действие тока. Магнитостатика вакуума. Элемент тока. Закон Био – Савара – Лапласа и его применение для расчета напряженности магнитного

поля прямого бесконечного проводника с током, кольца с током.

15. Центр масс. Теорема о движении центра масс. Теорема Кенига. Меры движения в различных инерциальных системах отсчета.

16. Сопротивление. Удельное сопротивление. Проводимость. Параллельное и последовательное соединение проводников.

17. Основное уравнение динамики вращательного движения тела. Момент импульса тела. Тензор инерции. Определение моментов инерции. Теорема Гюйгенса-Штейнера. Кинетическая энергия вращательного движения.

18. Вихревой характер магнитного поля. Теорема о циркуляции вектора напряженности магнитного поля в интегральной и дифференциальной формах. Применение теоремы о циркуляции вектора напряженности магнитного поля для расчета напряженности поля соленоида и тороида.

19. Деформации. Виды деформаций. Характеристики деформаций. Закон Гука для различных видов деформаций. Модуль Юнга. Модуль сдвига. Модуль кручения. Коэффициент Пуассона. Энергия упругих деформаций.

20. Действие магнитного поля на проводник с током. Закон Ампера. Сила Лоренца. Движение заряженной частицы в электрическом, магнитном и во взаимно перпендикулярных электрическом и магнитном полях.

21. Момент импульса. Закон сохранения момента импульса для замкнутых систем. Теорема об изменении момента импульса для незамкнутых систем. Момент силы. Главный момент.

22. Работа и мощность тока. Тепловое действие тока. Закон Джоуля – Ленца в интегральной и дифференциальной формах. КПД источника тока.

23. Свободные гармонические колебания. Уравнение свободных колебаний. Кинематические характеристики колебаний. Потенциальная и кинетическая энергия колебаний.

24. Явление электромагнитной индукции. опыты Фарадея. Правило Ленца. ЭДС в проводнике, движущемся в магнитном поле.

25. Маятники: пружинный, математический, крутильный, физический.

26. Явление самоиндукции. Индуктивность. Экстратоки замыкания и размыкания. Явление взаимной индукции.

27. Механика жидкостей. Идеальная жидкость. Уравнение неразрывности струи. Закон Бернулли. Формула Стокса. Формула Пуазейля. Число Рейнольдса.

28. Магнитные свойства вещества. Типы магнетиков. Ферромагнетики. Гистерезис. Точка Кюри.

29. Вынужденные колебания. Амплитуда и сдвиг фаз при вынужденных колебаниях. Резонанс.

30. Магнетики. Индукция магнитного поля в веществе. Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость вещества. Теорема о циркуляции магнитного вектора индукции магнитного поля в магнетиках.

31. Затухающие колебания. Коэффициент затухания. Декремент. Логарифмический декремент. Добротность. Время релаксации.

32. Переменный электрический ток. Получение переменного тока. Действующее значение тока и напряжения. Индуктивность и емкость в цепи переменного тока. Закон Ома для переменного тока.

33. Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции. Принцип эквивалентности.
34. Электромагнитные колебания. Процессы, протекающие в колебательном контуре. Формула Томсона. Резонанс токов и напряжений.
35. Упругие столкновения. Механический удар. Центральный удар. Диаграммы столкновений.
36. Энергия электромагнитных волн. Вектор Умова – Пойнтинга. Импульс электромагнитного излучения.
37. Задача двух тел. Движение частицы в центрально-симметричном поле. Задача Кеплера. Законы Кеплера.
38. Волновое уравнение в электродинамике и его решение. Электромагнитное поле. Электромагнитные волны.
39. Закон всемирного тяготения. Гравитационная постоянная. Методы определения гравитационной постоянной.
40. Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах.
41. Рассеяние частиц. Прицельный параметр. Эффективное дифференциальное сечение рассеяния. Рассеяние частиц в кулоновском поле. Формула Резерфорда.
42. Электрический ток в металлах. Основные положения классической электронной теории проводимости Друде – Лоренца.
43. Идеальный газ во внешнем потенциальном поле. Распределение Больцмана. Барометрическая формула. Распределение Максвелла – Больцмана. Опыты Перрена.
44. Геометрическая оптика. Законы отражения и преломления света. Полное отражение. Зеркала. Ход лучей в плоскопараллельной пластине и призме. Линзы. Формула линзы. Оптические приборы.
45. Распределение молекул идеального газа по скоростям. Средняя, средняя квадратичная и наиболее вероятная скорости молекул. Графики функции распределения Максвелла. Опыты Штерна и Ламмерта.
46. Полупроводники. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Р-п-переход. Полупроводниковые приборы: диоды, транзисторы, фоторезисторы.
47. Основные положения молекулярно-кинетической теории (МКТ) строения вещества. Основное уравнение МКТ газов. Давление газов. Уравнение Менделеева – Клапейрона. Температура. Способы построения температурных шкал.
48. Понятие о зонной теории твердых тел. Особенности зонной структуры проводников, полупроводников и диэлектриков. Проводимость с точки зрения зонной теории твердых тел.
49. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам. Адиабатический процесс. Уравнение Пуассона. Политропический процесс.
50. Ядерные реакции. Деление и синтез ядер. Проблемы термоядерного синтеза.
51. Понятие о теплоте, работе и внутренней энергии. Первое начало термодинамики и его различные формулировки.
52. Частицы и взаимодействия. Адроны и кварки
53. Тепловые двигатели. КПД тепловых двигателей. Цикл Карно. Теоремы

Карно.

54. Модели строения атомных ядер.

55. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы. Классическая теория теплоемкостей идеальных газов. Теплоемкости идеального газа при постоянном объеме и при постоянном давлении. Уравнение Майера. Связь между удельными и молярными теплоемкостями.

56. Элементарные частицы и их свойства. Классификация элементарных частиц.

57. Модели строения жидкостей. Поверхность жидкостей. Коэффициент поверхностного натяжения. Смачивание и несмачивание. Краевой угол. Давление Лапласа. Капиллярные явления.

58. Многоэлектронный атом. Описание состояния электрона в атоме квантовыми числами. Периодическая система элементов Менделеева.

59. Направление процессов в природе. Второе начало термодинамики и его различные формулировки.

60. Радиоактивность. Виды радиоактивности. Основной закон радиоактивного распада.

61. Термодинамическое и статистическое определение энтропии. Термодинамическая вероятность. Закон возрастания энтропии. Третье начало термодинамики. Недостижимость абсолютного нуля температур.

62. Открытие атомного ядра. Основные характеристики атомных ядер. Состав атомного ядра. Изотопы и изобары.

63. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Критические параметры состояния. Приведенное уравнение Ван-дер-Ваальса.

64. Рентгеновское излучение. Закон Мозли.

65. Понятие о фазах и фазовых переходах. Классификация фазовых переходов. Скрытая теплота перехода. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Тройная точка.

66. Спин. Полный момент импульса электрона в атоме.

67. Термодинамическое равновесие. Термодинамические потенциалы. Условия устойчивости термодинамического равновесия. Эффект Джоуля-Томсона для идеальных и реальных газов.

68. Движение в центральном поле. Атом водорода: волновые функции и уровни энергии. Сравнение с теорией Бора для водородоподобного атома.

69. Микроканоническое, каноническое и большое каноническое распределения Гиббса.

70. Квантовый линейный гармонический осциллятор. Энергия и волновые функции стационарных состояний.

71. Явления переноса в идеальных газах. Уравнение диффузии, вязкости и теплопроводности. Коэффициенты диффузии, вязкости и теплопроводности идеальных газов и связь между ними.

72. Математический аппарат квантовой механики. Волновая функция.

73. Твердые тела. Кристаллы. Строение, механические и тепловые свойства кристаллов. Теплоемкость твердых тел. Закон Дюлонга и Пти. Модель Эйнштейна и модель Дебая.

74. Волновые свойства микрочастиц. Волновая функция. Принцип

неопределенности.

75. Распределение Ферми – Дирака и его применение для описания электронного газа в металлах.

76. Уравнение Шредингера. Стационарное уравнение Шредингера.

77. Распределение Бозе – Эйнштейна и его применение для описания фотонного газа.

78. Прохождение частиц через потенциальный барьер. Туннельный эффект.

79. Волновая природа света. Интерференция волн. Когерентность. Простейшие схемы интерференции света: опыт Юнга, бизеркала Френеля, бипризма Френеля. Интерференция в тонких пленках. Кольца Ньютона.

80. Фотоэффект. Законы Столетова. Уравнение Эйнштейна. Красная граница фотоэффекта.

81. Релятивистская динамика. Законы сохранения в специальной теории относительности. Прохождение частиц через потенциальный барьер. Туннельный эффект.

82. Классические модели строения атома и спектральные закономерности.

83. Дифракция Фраунгофера на щели и дифракционной решетке. Условия дифракционных минимумов и максимумов. Дисперсионные характеристики решетки.

84. Экспериментальные основы специальной теории относительности. Постулаты специальной теории относительности. Преобразования Лоренца и их следствия.

85. Дифракция света. Принцип Гюйгенса – Френеля. Дифракция Френеля. Зоны Френеля. Дифракция света на круглом диске и на круглом отверстии.

86. Тепловое излучение и его законы.

#### **4. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ВСТУПИТЕЛЬНОМУ ИСПЫТАНИЮ**

##### **Основная литература:**

1. Савельев И.В. Курс общей физики. В 5 томах. Том 1. Механика. Издательство: «Лань», 2011. 448 с.

2. Савельев И.В. Курс общей физики. В 5 томах. Том 2. Электричество и магнетизм. Издательство: «Лань», 2011. 348 с.

3. Савельев И.В. Курс общей физики. В 5 томах. Том 3. Молекулярная физика и термодинамика. Издательство: «Лань», 2011. 224 с.

4. Савельев И.В. Курс общей физики. В 5 томах. Том 4. Волны. Оптика. Издательство: «Лань», 2011. 256 с.

5. Савельев И.В. Курс общей физики. В 5 томах. Том 5. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. Издательство: «Лань», 2011. 380 с.

##### **Дополнительная литература:**

1. Сивухин В.Д. Общий курс физики. В 5 томах. Том 1. Механика. Учебное пособие. Издательство: «ФИЗМАТЛИТ», 2014. 560 с.

2. Сивухин В.Д. Общий курс физики. В 5 томах. Том 2. Термодинамика и молекулярная физика. Учебное пособие. Издательство: «ФИЗМАТЛИТ», 2014. 544 с.
3. Сивухин В.Д. Общий курс физики. В 5 томах. Том 3. Электричество. Учебное пособие. Издательство: «ФИЗМАТЛИТ», 2015. 656 с.
4. Сивухин В.Д. Общий курс физики. В 5 томах. Том 4. Оптика. Учебное пособие. Издательство: «ФИЗМАТЛИТ», 2013. 792 с.
5. Сивухин В.Д. Общий курс физики. Том V. Атомная и ядерная физика. Издательство: ФИЗМАТЛИТ, МФТИ, 2006. 784 с.
6. Корнев Б.И., Моисеев Н.В., Новиков В.В., Попов П.А. Учебн. пособие по курсу общей и экспериментальной физики. Часть I. Брянск: Изд. БГУ. 2006.
7. Корнев Б.И., Моисеев Н.В., Новиков В.В., Попов П.А. Учебн. пособие по курсу общей и экспериментальной физики. Часть II. Брянск: Изд. БГУ. 2006.
8. Корнев Б.И., Новиков В.В. Лекции по атомной физике. Брянск: Изд. Курсив. 2009.
9. Стрелков С.П. Механика. М.: Наука. 1975.
10. Фриш С.Э., Тиморева А.В. Курс общей физики. Т. 1-3. 1957 – 1960.
11. Зисман Г.А., Годес О.М. Курс общей физики. Т. 1-3. 1969 – 1972.
12. Путилов К.А., Фабрикант В. А. Курс физики. Т. 1-3. М.: Физматгиз. 1963.
13. Калашников С.Г. Электричество. М.: Наука. 1970.
14. Телеснин Р.В. Молекулярная физика. М.: Высшая школа. 1973.
15. Иродов И.Е. Основные законы механики. М.: Высшая школа. 1985.
16. Гершензон Е.М., Малов Н. Курс общей физики. Механика. М.: Просвещение. 1979.
17. Гершензон Е.М., Малов Н.Н., Эткин Б.С. Курс общей физики Электричество и магнетизм. М.: Просвещение. 1980.
18. Гершензон Е.М., Малов Н.Н., Эткин Б.С. Курс общей физики. Оптика и атомная физика. М.: Просвещение. 1981.
19. Гершензон Е.М., Малов Н.Н., Мансуров А.Н., Эткин Б.С. Курс общей физики. Молекулярная физика. М.: Просвещение. 1982.
20. Калашников Н.П., Смодырев М.А. Основы физики: Учеб. Для вузов: в 2 т., М.: Дрофа, 2004.

#### **Периодические издания:**

1. Физика твердого тела

#### **Интернет-ресурсы**

1. <https://elibrary.ru/defaultx.asp?>

## **5. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ**

Вступительный экзамен осуществляется в форме устного опроса по экзаменационному билету, включающему три вопроса.

На подготовку к ответу экзаменуемому предоставляется 45 минут.

Вступительное испытание оценивается по 100-балльной шкале. Вопросы вступительного экзамена оцениваются предметной комиссией отдельно. Итоговая оценка за экзамен определяется на основании среднего арифметического значения баллов, набранных абитуриентом по каждому из вопросов. Все вопросы, касающиеся несогласия абитуриентов с полученными оценками, решаются апелляционной комиссией.

В ходе проведения вступительных испытаний абитуриенту запрещается использовать средства мобильной связи, учебные пособия и иную учебную литературу.

Минимальное количество баллов на вступительных испытаниях составляет 70 баллов. Если абитуриент получает от 0 до 69 баллов, то результат вступительных испытаний признается неудовлетворительным, положительный результат определяется диапазоном от 70 до 100 баллов.

При определении соответствия уровня подготовленности абитуриента требованиям, предъявляемым к нему программой вступительных испытаний, комиссия руководствуется следующими критериями оценки:

<b>Количество баллов</b>	<b>Описание критериев оценки</b>
<b>0 – 69</b>	Абитуриент демонстрирует плохое знание существа вопросов билета, плохо усвоил положения источников и рекомендованной литературы, не способен обобщить материал, делает поверхностные выводы, при ответе использует научные термины и понятия в недостаточном объеме. С трудом приводит практические примеры, подтверждающие теоретические положения. На дополнительные вопросы отвечает частично, с большим количеством неточностей.
<b>70 – 80</b>	Абитуриент демонстрирует удовлетворительное знание существа вопросов билета, усвоил основные положения источников рекомендованной литературы, способен обобщить материал, допуская при этом несущественные ошибки, делает поверхностные выводы, при ответе использует научные термины и понятия в недостаточном объеме. С трудом приводит практические примеры, подтверждающие теоретические положения. На дополнительные вопросы отвечает частично, допуская неточности.
<b>81 – 90</b>	Абитуриент демонстрирует хорошее знание существа вопросов билета, усвоил основные положения источников и рекомендованной литературы, способен обобщить материал, делает самостоятельные выводы, при ответе использует научные термины и понятия. Приводит практические примеры. Подтверждающие теоретические положения. На дополнительные вопросы экзаменатор отвечает достаточно свободно, допуская некоторые неточности, которые сам исправляет после замечания экзаменатора.

<b>91 – 100</b>	<p>Абитуриент в своем ответе демонстрирует отличное знание существа вопроса, свободно ориентируется в основных концепциях и теориях по данному вопросу, приводит их критический анализ и сопоставление, описанные теоретические положения иллюстрирует практическими примерами. Абитуриентом формулируется и обосновывается собственная точка зрения на заявленные проблемы, материал излагается профессиональным языком с использованием соответствующей системы понятий и терминов.</p>
-----------------	---

