

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр  
Сибирского отделения Российской академии наук»  
(КНЦ СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН)**



**УТВЕРЖДАЮ:**

**Директор ФИЦ КНЦ СО РАН**

*А.А. Шпедт*  
\_\_\_\_\_ А.А. Шпедт

*2026г.*  
\_\_\_\_\_ 2026г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ  
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**«Физические науки»**

для поступающих на обучение по образовательной программе высшего образования – программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре ФИЦ КНЦ СО РАН

по группе научных специальностей 1.3 – Физические науки

Красноярск 2026

## **1 Общие положения**

Настоящая программа сформирована на основе федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре и определяет общее содержание вступительного испытания по специальной дисциплине «Физические науки» при приеме на обучение по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук».

Вступительное испытание по специальной дисциплине «Физические науки» нацелено на оценку знаний лиц, поступающих на программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, полученных ими в ходе освоения программ специалитета и (или) магистратуры, и на отбор среди поступающих лиц, наиболее способных и подготовленных к научной и научно-исследовательской деятельности, имеющих потенциал в части генерирования новых идей при решении исследовательских задач и подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

## **2 Форма проведения**

Вступительное испытание проводится на русском языке в устной форме.

Экзаменационный билет содержит три теоретических вопроса. Вопросы соответствуют содержанию вступительного испытания.

## **3 Содержание программы**

### **I. СТРУКТУРА ФИЗИКИ И ЕЕ ЯЗЫК.**

Физика и ее место в познавательной и практической деятельности человека.

Эксперимент и теория: их взаимосвязь и взаимообусловленность. Требования к “хорошей” теории. Эксперимент как источник факторов и средство проверки состоятельности теории. Предмет физического исследования. Модельный характер построений физики.

Количественное описание свойств физического объекта. Понятие физической величины. Математические модели физических объектов.

#### **Погрешности измерений.**

Истинное значение физической величины и погрешности его измерения. Действительное значение физической величины. Классификация погрешностей. Систематические погрешности, их источники и пути компенсации. Не исключенные систематические погрешности. Случайные погрешности. Вероятностно-статистические понятия теории случайных погрешностей.

Суммарная погрешность результата измерений и ее вычисление. Погрешности косвенных измерений.

Основные положения теории проверки гипотез относительно закона

распределения плотности вероятностей. Критерий  $\chi^2$ .

Основы линейного парного регрессионного анализа. Подбор вида аппроксимирующей формулы. Метод выравнивания. Определение параметров аппроксимирующих формул методом наименьших квадратов.

### **Механика.**

Предмет механики. Физические тела и их модели: материальная точка, абсолютно твердое и упругое тело, вязкая несжимаемая жидкость, идеальный газ. Пространство и геометрия. Определение положения тел в пространстве. Система отсчета. Измерение расстояний и углов. Евклидова геометрия и экспериментальные основания ее использования в качестве модели физического пространства. Системы координат. Координатные и векторные методы описания пространственных характеристик физических тел. Время и его измерения. Эталоны малых и больших промежутков времени. Задача синхронизации часов для разных точек пространства.

### **Кинематика материальной точки.**

Координатная и векторная формы описания движения материальной точки. Перемещение, скорость и ускорение. Движение по прямой и окружности. Угловая скорость и угловое ускорение.

Элементы траектории: касательный вектор, нормаль, радиус кривизны. Полное ускорение и его нормальная и тангенциальная составляющие.

Определение зависимости от времени радиуса-вектора материальной точки по известным зависимостям: а) скорости, б) ускорения. Начальные условия.

### **Законы динамики.**

Взаимодействие тел. Физическое понятие силы и центральная идея законов Ньютона. Фундаментальные взаимодействия. Понятие свободного тела. Закон инерции и проблематика его экспериментальной проверки. Инерциальные системы отсчета. Масса- характеристика свойства инертности тел. Изолированная система двух материальных точек и измерение массы. Понятие импульса. Закон сохранения импульса в изолированной системе двух материальных точек.

Второй закон Ньютона. Постановка основной задачи механики материальной точки.

Примеры решения основной задачи механики. Движение тел с учетом сил сопротивления, линейно и квадратично зависящих от скорости колебания груза, подвешенного на пружине. Движение заряженной частицы в однородном постоянном магнитном поле.

Система произвольного числа материальных точек. Взаимодействие в системе материальных точек. Принцип суперпозиции взаимодействий. Третий закон Ньютона. Теорема о скорости изменения импульса систем. Сохранение импульса и его проекций. Центр масс. Теорема о движении центра масс.

Интегральная форма второго закона Ньютона. Импульс силы. Описание быстрых процессов.

Движение тел с переменной массой. Реактивное движение.

### **Работа и энергия.**

Работа силы. Элементарная работа. Работа силы вдоль криволинейной траектории в силовом поле. Консервативные силовые поля. Потенциальная энергия. Сила как градиент потенциальной энергии. Примеры. Кинетическая энергия материальной точки. Теорема об изменении кинетической энергии. Закон сохранения энергии в механике. Примеры решения основной задачи механики материальной точки с помощью закона сохранения энергии. Кинетическая энергия системы материальных точек. Работа внутренних сил. Преобразование кинетической энергии при переходе из одной инерциальной системы отсчета к другой. Теорема Кенига. Внутренняя энергия системы. Общефизический закон сохранения энергии.

## **II. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА.**

**Характерные особенности макроскопических систем и методы их рассмотрения.**

Предмет молекулярной физики. Модель материального тела. Классическая модель идеального газа. Квантовые модели: идеальный газ, система идеальных линейных осцилляторов, система идеальных ротаторов, система идеальных спинов. Моделирование межатомных взаимодействий. Представление о квазичастицах. Статистический и термодинамический методы изучения макроскопических систем. Микроскопические и макроскопические параметры молекулярного движения. Основные проблемы макроскопической физики. Задачи статистики.

### **Статистические описания молекулярных систем.**

Основные понятия статистики: микроканонический и канонический ансамбли статистических систем, макроскопическое состояние, микроскопическое состояние, вероятность макро состояния, статвес или твердо динамическая вероятность. Статистические постулаты: постулат равно вероятности доступных состояний изолированной системы и эргодическая гипотеза(усреднение микроскопических параметров).

Расчет вероятности макросостояния системы. Биномиальное распределение и его предельные случаи в описании молекулярных систем. Флуктуации микроскопических и макроскопических величин.

Распределение энергии в изолированной статистической системе. Скоростные и энергетические микросостояния. Распределение Гиббса. Определение температуры в статистике. Плотность вероятности и плотность состояний. Статсумма. Вычисление средней энергии системы и ее флуктуации на основе статсуммы. Статистическое определение энтропии, формула Больцмана. Методы полного анализа статистических систем из первых принципов. Представление о квантовых статистиках. Температура вырождения.

Распределение молекул газа по скоростям, закон Максвелла. Средняя, средняя квадратичная и наиболее вероятная скорости молекул. Эффузия и молекулярные пучки. Экспериментальная проверка закона Максвелла.

Микроскопическая теория и макроскопические измерения. Уравнение Клайперона-Менделеева. Измерение давления. Температура (резюме). Измерение температуры. Термодинамическая шкала температур.

Распределение пространственной концентрации частиц в потенциальном поле- распределение Больцмана. Барометрическая формула. Опыты Перрена. Связь распределений Максвелла и Больцмана. Атмосферы планет. Термофизическая модель атмосферы Земли. Концепция ядерной зимы.

Распределение энергии молекул по степеням свободы, теорема о равнораспределении. Броуновское движение, теория Эйнштейна-Смолуховского. Точность физических измерений. Броуновский стандарт.

Классическая теория теплоемкости идеальных многоатомных газов и твердых тел (кристаллов). Экспериментальное исследование области ее применения. Интерпретация экспериментальных результатов на основе квантовых моделей молекул (качественное рассмотрение). Характеристические температуры. Квантовая теория теплоемкостей Эйнштейна.

### **Явления переноса.**

Переход системы в равновесное состояние. Виды процессов переноса: теплопроводность, электропроводность, диффузия, вязкость(перенос импульса). Время релаксации. Представление о кинетическом уравнении Больцмана.

Кинетические характеристики молекулярного движения для однофазной и двухфазной систем: поперечное сечение рассеяния, средняя частота столкновений, средняя длина свободного пробега.

Феноменологическое описание явлений переноса. Нестационарное, стационарное уравнение переноса. Коэффициенты переноса.

Элементарная кинетическая теория процессов переноса- метод средней длины свободного пробега. Стационарное обобщенное уравнение переноса (одномерный случай). Уравнения диффузии, теплопроводности и вязкости. Зависимость коэффициентов переноса от микроскопических и макроскопических параметров идеального газа.

Явление переноса в ультраразреженном газе: тепловая и изотермическая эффузия, кнудсеновское течение.

Диффузия и теплопроводность в твердых телах.

### **Законы термодинамики и их приложения.**

Основные понятия термодинамики: внутренняя энергия, количество теплоты, работа, квазистатические и нестатические процессы, уравнение состояния, функции состояния. Четыре постулата термодинамики(общая характеристика).

Первое начало термодинамики. Применение первого начала к рассмотрению различных процессов в идеальном газе: изотермического, изобарического, изохорического, адиабатического и общего случая политропических процессов. Теплоемкость газа в политропических процессах. Связь между теплоемкостями  $C_p$  и  $C_v$ (общий случай). Уравнение Майера.

Второе начало термодинамики. Циклические процессы. КПД тепловой машины. Вечный двигатель второго рода. Различные формулировки второго начала, их эквивалентность.

Цикл Карно и его КПД. Оценки эффективности различных тепловых машин. Двигатели, холодильники, кондиционеры, тепловые насосы. Тепловое загрязнение среды и его последствия.

Теоремы Карно и их приложение. Метод циклов. Построение термодинамической шкалы температур. Неравенство Клаузиуса. Энтропия. Энтропия идеального газа. Закон возрастания энтропии. Связь между энтропией, вероятностью и информацией. Направление естественных изменений. Возникновение упорядоченных состояний (структур).

Третье начало – тепловая теорема Нернста. Термодинамические потенциалы. Основное термодинамическое тождество. Соотношение Максвелла. Представление о полном термодинамическом анализе состояний вещества на полуэмпирической основе. Основной критерий термодинамической устойчивости. Частные условия устойчивости.

### **Системы с межмолекулярным взаимодействием.**

Реальные газы. Потенциал межмолекулярного взаимодействия. Вириальное уравнение состояния. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Экспериментальные изотермы. Правило рычага. Правило Максвелла. Критическое состояние вещества, его параметры. Роль флуктуаций в критическом состоянии. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса. Эффект Джоуля-Томсона.

Движение молекул в жидкости. Свободная поверхностная энергия. Поверхностное натяжение. Давление под искривленной поверхностью жидкости, формула Лапласа. Капиллярные явления. Поверхностно-активные вещества. Пенная флотация.

Фазовые превращения первого и второго рода. Условия равновесия фаз химически однородного вещества. Уравнение Клайперона-Клаузиуса. Испарение и конденсация. Плавление и кристаллизация. Диаграммы фазового равновесия. Тройная точка. Аномальные вещества. Полиформизм, примеры описания фазовых переходов второго ряда и связанных с ними явлений: ферромагнетизма, сегнетоэлектричества, сверхпроводимости, сверхтекучести.

## **III. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ.**

### **Электростатика.**

Электрические заряды в природе, многообразие электрических и магнитных явлений. Электроны и протоны. Закон сохранения заряда. Закон Кулона. Электрическое поле. Принцип суперпозиции. Системы единиц. Электрическое поле диполя. Электрическая энергия кристаллической решетки.

Теорема Гаусса для электрического поля в вакууме. Применение теоремы Гаусса для вычисления напряженности электрического поля. Дифференциальная форма теоремы Гаусса. Теорема Ирншоу.

Работа электрических сил. Теорема о циркуляции. Потенциальный характер электрического поля. Основные уравнения электростатики (в вакууме).

Потенциал электрического поля. Разность потенциалов. Потенциал зарядов.

Электрическое поле в веществе. Классификация веществ по электрическим свойствам. Электрическая индукция. Диэлектрики. Вектор поляризации. Теорема Гаусса для диэлектриков. Вектор электрической индукции. Поляризуемость и диэлектрическая проницаемость.

Граничные условия для электрического поля.

Проводники в электрическом поле. Общая задача математической электростатики. Уравнение Пуассона Лапласа. Электрическая емкость. Конденсатор. Энергия электрического поля. Энергия электрического диполя во внешнем поле. Пондеромоторные силы.

### **Электрический ток.**

Плотность электрического тока. Уравнение непрерывности. Закон Ома. Закон Джоуля-Ленца. Электродвижущая сила. Гальванический элемент. Электролиты.

Закон Кирхгофа. Токи в сплошной среде. Задача о разрядке конденсатора через сопротивление. Электрические явления в контактах. Контактная разность потенциалов. Эффекты Пельтье и Томсона.

### **Магнитостатика.**

Магнитное поле. Сила Лоренца. Закон Ампера. Закон Био-Савара. Принцип суперпозиции для магнитного поля. Магнитное поле прямого и кругового токов. Линии напряженности магнитного поля. Магнитный момент контура с током. Контур с током в магнитном поле. Вращающий момент. Потенциальная энергия магнитного момента в магнитном поле. Сила, действующая на магнитный момент в неоднородном поле. Уравнения в магнитостатике: теорема о потоке и теорема о циркуляции вектора напряженности магнитного поля. Понятие векторного потенциала.

Работа над токами в магнитном поле. Магнитное поле в веществе. Понятие о спине. Классификация магнетиков. Электрические токи в атомах. Магнитомеханическое отношение. Атом в магнитном поле. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Магнитоупорядоченные вещества. Теореме о циркуляции магнитного поля в веществе. Граничные условия для векторов напряженности магнитного поля и магнитной индукции. Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость. Эффект Холла.

Сверхпроводники. Физика сверхпроводимости. Основные электрические и магнитные свойства. Высокотемпературная сверхпроводимость.

### **Электромагнитная индукция.**

Электромагнитная индукция в неподвижных и движущихся проводниках. Электродвижущая сила индукции. Основной закон электромагнитной индукции. Правило Ленца (принцип Ле Шателье). Дифференциальная форма закона электромагнитной индукции. Самоиндукция и взаимоиנדукция. Контур с индуктивностью. Энергия магнитного поля.

Основы теории Максвелла. Ток смещения. Система уравнений Максвелла. Материальные уравнения. Граничные условия. Значение уравнений Максвелла. Существование электромагнитных волн - следствие уравнений Максвелла. Уравнение баланса электромагнитной энергии. Теорема Умова-Пойнтинга. Скин-эффект.

#### **Колебания и волны.**

Квазистационарные цепи. Колебательный контур. Свободное колебание. Импеданс. Мощность в цепи переменного тока.

Электрические волны в свободном пространстве. Волновое уравнение. Скорость распространения. опыты Герца.

#### **IV. ОПТИКА**

##### **Электромагнитные поля.**

Уравнения Максвелла в изотропной среде. Поляризация среды, диэлектрическая проницаемость, показатель преломления, дисперсия. Условия на границе раздела диэлектрических сред. Формализм комплексных амплитуд. Волновое уравнение и монохроматические плоские волны в изотропной среде. Поляризация света.

Падение плоской волны на границу раздела диэлектриков. Законы отражения и преломления света. Формулы Френеля.

Сложение электрических волн. Волновой пакет. Когерентное и некогерентное излучение.

Теорема Умова-Пойнтинга как уравнение баланса электромагнитной энергии. Импульс электромагнитных волн. Давление света.

Фазовая скорость, групповая скорость, скорость переноса энергии.

Скалярное волновое уравнение. Гауссовы пучки в однородной среде. Фундаментальный гауссов пучок в линзоподобной среде; Закон АВСД.

Распространение световых волн в геометрическом приближении. Изображение в оптической системе. Простейшие оптические приборы.

##### **Интерференция.**

Интенсивность суперпозиций двух монохроматических волн. Классические интерференционные опыты. Получение когерентных волн: деление амплитуды и деление волнового фронта.

Интерферометр Майкельсона. Видность интерференционной картины. Временная когерентность. Звездный интерферометр Брауна-Твисса.

Опыт Юнга. Учет размера источника. Пространственная когерентность. Лазеры как источники когерентного излучения.

Моды и добротность интерферометра Фабри-Перо. Интерференция в тонких пленках.

##### **Дифракция.**

Принцип Гюйгенса-Френеля. Зоны Френеля. Зонная пластинка. Пятно Пауссона.

Скалярная теория дифракции. Интеграл Френеля-Кирхгофа. Приближение Френеля и Фраунгофера. Дифракция Фраунгофера на отверстиях различной формы. Дифракция Фраунгофера как фурье-образ светового поля на

дифракционном экране. Дифракционные решетки. Дифракционная решетка как спектральный прибор.

Основные понятия Фурье-оптики. Тонкая линза и преобразование Фурье. Дифракционный передел разрешения. Пространственная фильтрация изображения.

Голография. Восстановление волновых фронтов. Применение голографии.

**Распространение электромагнитных волн в анизотропных средах.**

Тензор диэлектрической проницаемости в анизотропной среде. Распространение плоской волны в анизотропной среде. Дисперсия.

Эллипсоид показателей преломления. Классификация анизотропных сред (кристаллов).

Распространение света в одноосновных кристаллах. Двойное лучепреломление на границе раздела.

Распространение света в двухосных кристаллах. Оптическая активность. Фарадеевское вращение плоскости поляризации. Анализ распространения волн в анизотропных средах методом связанных мод. Уравнение движения для состояния поляризации.

Распространение волн в периодических средах.

Периодические среды. Периодические слоистые среды. Теория связанных мод.

Брегговская дифракция. Дифракция Рамана-Ната. Оптические модуляторы.

Предел применимости волновой оптики.

Излучение черного тела. Формула Планка- начало квантовой физики.

## **V. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА.**

### **Основы квантовой оптики.**

Тепловое излучение. Равновесное тепловое излучение; испускательная, поглощательная способность тел. Закон Кирхгофа. Закон Стефана-Больцмана. Правило смещения Вина. Вывод формулы Планка по Эйнштейну. Предельные случаи формулы Планка для больших и малых частот.

Фотоны и их свойства. Энергия и импульс фотона. Законы сохранения энергии и импульса в процессах с участием фотонов. Эффект Комптона. Флуктуация поля излучения. Фотоэффект; основные экспериментальные закономерности и их истолкования, определение постоянной Планка. Фотоэлектрические приемники света. Физические причины, ограничивающие чувствительность фотоэлектрических измерений.

Излучение электронов. Опыты Черенкова. Излучение равномерно движущегося электрона. Определение условий излучения с помощью принципа Гюйгенса. Спектр черенковского излучения. Тормозное рентгеновское излучение. Синхронное излучение.

### **Физические основы квантовой теории.**

Модели атома. Опыты Резерфорда, их объяснение. Опыты Франка и Герца. Закономерности в атомных спектрах. Постулаты Бора. Теория атома Бора. Волновая природа частиц. Корпускулярно- волновой дуализм. Соотношение неопределенностей.

Элементы квантовой механики: среднее значения, операторы, собственные состояния. Уравнение Шредингера. Смысл волновой функции. Квантование энергии; частица в прямоугольной потенциальной яме. Потенциальный барьер. Туннельный эффект. Линейный гармонический осциллятор.

### **Физика атомов и молекул.**

Водородоподобные атомы. Энергетические уровни. Потенциалы возбуждения и ионизации. Спектры. Пространственное распределение электрона в атоме водорода. Квантовые часы. Степень вырождения состояний. Спектры щелочных металлов. Правило отбора и их зависимость от симметрии системы.

Моменты количества движения и магнитные моменты электронов, ядер, атомов. Правило сложения орбитальных моментов количества движения. Квантовые проекции момента импульса и его величины. Орбитальный магнитный момент электрона. Расщепление уровней в магнитном поле. Опыты Штерна и Герлаха. Спин электрона. Полный механический и полный магнитный моменты электрона. Спин-орбитальное взаимодействие. Дуплетная структура термов. Тонкая структура уровней в атоме водорода.

Структура и спектры сложных атомов. Систематика спектров многоэлектронных атомов. Электростатические и спин-орбитальные расщепления уровней. Типы связей электронов в атомах. Мультиплетность термов. Спектр гелия. Принцип Паули. Симметричные и антисимметричные волновые функции. Бозоны и фермионы. Возбуждение двух электронов. Правило Хунда. Сверхтонкая структура спектральных линий. Понятие об электронных оболочках атома. Таблица Менделеева: физическое объяснение периодического закона. Правило отбора. Выбрасывание электронов из замкнутых оболочек, рентгеновские спектры. Закон Мозли.

Атом во внешних полях. Действие магнитных полей на атом. Эффект Зеемана. Эффект Пашена-Бака. Электронный парамагнитный резонанс. Действие электрических полей на атом. Поляризуемость атома. Квадратичный и линейный эффект Штарка. Эффект Керра. Многофотонная ионизация атома под действием сильного поля. Радиационное охлаждение атомов и ионов.

Строение и свойства молекул. Виды движения в молекуле. Порядки величин электронной, колебательной и вращательной энергии. Адиабатическое приближение. Зависимость энергии молекулы от расстояния между ядрами. Ковалентная и ионная связи. Теплоемкость молекулярных газов. Вращательные, колебательные и электронные спектры молекул. Комбинационное рассеяние света. Люминесценция.

Квантовые свойства конденсированного состояния вещества.

Конденсированное состояние вещества: жидкость, жидкие кристаллы, аморфные и кристаллические твердые тела. Симметрия кристаллов. Колебания кристаллических решеток. Звуковые волны в кристаллах. Фононы.

Электроны в кристаллах, разрешенные и запрещенные зоны. Проводники и диэлектрики. Электропроводность кристаллов. Статистика Ферми. Энергия и поверхность Ферми. Электронные спектры кристаллов.

Полупроводники. Электроны и дырки. Электропроводность полупроводников. Контактные явления в полупроводниках.

Квазичастицы: фотоны, магноны, экситоны. Низкотемпературные квантовые явления. Сверхтекучесть гелия. Сверхпроводимость. Высокотемпературная сверхпроводимость.

### **Физические основы квантовой электроники.**

Лазер. Коэффициенты Эйнштейна и матричный элемент оператора перехода. Ширина линии. Эффект отдачи. Спонтанное и вынужденное излучение в квантовых системах. Усиление излучения. Эффект насыщения. Мощность генерации лазера. Однородное и неоднородное уширение линии усиления. Спектр генерации: одномодовое и многомодовое излучение лазера, соотношение между длительностью импульса и шириной спектра. Синхронизация мод лазера и генерации сверхкоротких световых импульсов. Частота и ширина линии генерации. Оптический стандарт времени.

Взаимодействие излучения с веществом. Нелинейная поляризация сред. Оптическое детектирование. Генерация оптических гармоник. Многофотонное поглощение. Сверхсжатие вещества в лазерных полях; лазерное инициирование термоядерных реакций. Лазерная атомно-молекулярная технология. Применение лазеров.

## **VI. ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА**

### **Взаимодействие ядерного излучения с веществом.**

Потери энергии на ионизацию и возбуждения атомов. Упругое рассеяние. Пробеги частиц. Тормозное излучение. Критическая энергия. Излучение Черенкова. Прохождение через вещество гамма-излучения. Экспоненциальный закон поглощения. Фотоэффект. Комптоновское рассеяние. Явление рождения пар. Зависимость эффективных сечений процессов от энергии гамма-излучения и свойства вещества. Аннигиляция электронов и позитронов.

Основы радиационной безопасности. Дозовые характеристики поля излучения. Биологическое действие и принципы нормирования радиационного облучения. Нормы радиационной безопасности. Защита от ионизирующих излучений.

### **Общие свойства атомных ядер.**

Опыт Резерфорда по рассеянию  $\alpha$ -частиц. Ядро как система взаимодействующих протонов и нейтронов. Заряд ядра. Размер и форма ядер. Массовое число и масса ядра. Изотопы. Изобары. Энергия связи ядра. Формула Вайцзеккера. Магические числа. Стабильные и радиоактивные ядра.

Спин и электромагнитные моменты ядра. Однонуклонная модель Шмидта. Квантомеханическое описание ядерных состояний. Четность волновой функции. Свойства симметрии волновых функций для тождественных частиц. Бозоны и фермионы. Принцип Паули.

Модели атомных ядер. Потенциал усредненного ядерного поля. Сильное спин-орбитальное взаимодействие. Одночастичные состояния в усредненном ядерном потенциале. Оболочечная модель ядра. Коллективные свойства ядер.

Капельная модель. Вращательные и колебательные состояния ядер. Состояние движения нуклонов в деформированном ядре.

Нуклон-нуклонные взаимодействия.

Дейтон-связанное состояние в системе. Основные характеристики дейтона. Магнитный момент дейтрона. Волновая функция дейтрона. Тензорный характер ядерных сил. Изотопический спин. Обобщенный принцип Паули. Обменный характер ядерных сил. Свойства насыщения ядерных сил. Потенциал Юкавы.

### **Радиоактивность.**

Радиоактивность как стабилизированный процесс спонтанного распада ядра. Законы радиоактивного распада  $\alpha$ -распад. Спектры  $\alpha$  частиц. Элементы теории  $\alpha$ -распада. Туннельный эффект. Определение размеров ядер по данным  $\alpha$ -распада. Зависимость периода  $\alpha$ -распада от энергии  $\alpha$ -частиц.

$\beta$ -распад. Виды  $\beta$ -распада. Энергетические спектры электронов. Экспериментальное доказательство существования нейтрино. Элементы теории  $\beta$ -распада. Понятие о слабых взаимодействиях. Разрешенные и запрещенные  $\beta$ -переходы. Не сохранение четности в  $\beta$ -распаде. Проблема массы нейтрино.

$\gamma$ -излучение ядер. Электрические и магнитные переходы. Правило отбора по моменту и четность для  $\gamma$ -переходов. Ядерная изометрия. Внутренняя конверсия. Эффект Месбауэра и его использование в физике и технике. Практическое применение радиоактивности.

### **Ядерные реакции.**

Экспериментальные методы ядерных реакций. Сечения реакций. Законы сохранения. Энергия и пороги реакций. Механизм ядерных реакций. Модель составного ядра. Резонансные ядерные реакции. Формула Брейта-Вингера. Прямые ядерные реакции. Особенности реакций под воздействием  $\gamma$ -квантов, электронов, нейтронов и многозарядных ионов. Трансурановые элементы.

### **Деление и синтез ядер.**

Основные экспериментальные данные о делении. Элементарная теория деления. Параметр деления. Спонтанное деление. Деление изотопов урана под действием нейтронов. Цепная реакция. Коэффициент размножения. Ядерные реакторы. Ядерная энергетика- современное состояние и перспективы. Проблемы, связанные с переработкой и захоронением радиоактивных отходов ядерного цикла. Радиоактивные аварии и их последствия.

Общие свойства наблюдаемых элементарных частиц.

Квантовые числа элементарных частиц. Масса покоя, электрический заряд, спин и магнитный дипольный момент, тип статистики, изоспин, барионное и лептонные числа, странность, честность, очарование, прелесть, Лептоны, адроны, калибровочные бозоны. Частицы и античастицы. Механизм взаимодействия в мире частиц. Диаграммы Фейнмана. Законы сохранения, регулирующие превращение частиц. Классификация взаимодействия.

### **Электромагнитные взаимодействия.**

Элементы квантовой электродинамики. Основные квантово - электродинамические процессы и процессы с участием адронов.

Сильные взаимодействия и структура адронов.

Кварки и глюоны, их основные характеристики. Проявление кварк-глюонной структуры адронов в процессах глубокого неупругого рассеяния лептонов. Кварковая структура мезонов и барионов. Цвет. Асимптотическая свобода и конфаймент. Основные процессы с участием адронов.

**Слабые взаимодействия.**

Универсальность слабого взаимодействия. Промежуточные векторные бозоны. Понятие о модели Вайнберга-Салама. Основные типы превращений элементарных частиц, вызванных слабым взаимодействием.

**Экспериментальные методы в ядерной физике и физике высоких энергий.**

Понятие о современных методах получения пучков частиц высокой энергии. Ускорители со стационарной мишенью. Встречные пучки. Детекторы частиц: счетчики Гейгера-Мюллера, ионизационные камеры, черенковские и спинтилляционные счетчики, камера Вильсона, пузырьковая камера, фотоэмульсии, полупроводниковые счетчики.

#### 4 Критерии оценивания ответов поступающих

Результаты вступительного испытания определяются по 50-бальной шкале (от 0 до 50 баллов). Максимальное количество баллов подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – 50 баллов. Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – 20 баллов.

50 – бальная шкала	Общая характеристика ответа	Критерии оценки
41–50 баллов	Ответ отличный	Ясный, достаточно точный, уверенный ответ на все вопросы экзаменационного билета, дополнительные и уточняющие вопросы. Глубокое знание материала. Свободное владение понятийным аппаратом, научным языком и терминологией. Логически правильное и убедительное изложение ответа. Ответ на вопрос достаточно аргументирован и обоснован, приведены убедительные примеры по каждому вопросу экзаменационного билета.
31-40 баллов	Ответ хороший	Ясный и уверенный ответ на все вопросы билета. Знание ключевых проблем и основного содержания материала. Умение оперировать понятиями по своей тематике. В целом логически корректное, но не всегда точное и аргументированное изложение ответа. Допущены незначительные ошибки в терминологии и при использовании фактического материала. Ответ на дополнительные и уточняющие вопросы.
20-30 баллов	Ответ удовлетвори- тельный	Ответ на все вопросы билета, требующий существенных дополнений. Недостаточно логичное и аргументированное изложение ответа. Фрагментарные, поверхностные знания

		материала. Затруднения с использованием понятийного аппарата и терминологии. Отсутствуют ответы на дополнительные и уточняющие вопросы.
0 – 19 баллов	Ответ неудовлетворительный	Отсутствие ответа на вопросы билета; ответ только на один из вопросов; попытка ответа на все вопросы без раскрытия основного содержания; подмена ответа на вопросы экзаменационного билета ответом на смежные вопросы. Полное незнание либо отрывочное представление о материале. Неумение оперировать понятиями по своей тематике. Неумение логически определенно и последовательно излагать ответ.

## 5 Список литературы

### I. СТРУКТУРА ФИЗИКИ И ЕЕ ЯЗЫК:

1. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности. М.: Высш.Школа.- 1986.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. М.: Наука.-Т.1.- 1989.
3. Сквайрс Д.Ж. Практическая физика. М.: Мир.- 1971.
4. Хайкин С.Э. Физические основы механики. М.: 1971.

### II. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА:

1. Матвеев А.Н. Молекулярная физика. М.: Высш. Шк.-1987.
2. Рейф Ф. Статистическая физика. Берклеевский курс физики М.: Наука.-Т.-5.-1986.
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики. М.:Наука.-1979.-Т.2.
4. Кикоин И.К., Кикоин А.К. Молекулярная физика. М.: Наука.-1976.
5. Фейнман Р. Фейнманские лекции по физике. М.: Мир.-Т.4.-1966.

### III. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ:

1. Тамм И.Е. Основы теории электричества. 8-е изд. М.:Наука 1966.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. М.: Наука.-Т.3.-1977.
3. Парсел Эл. Электричество и магнетизм. М.: Наука –1983.
4. Шмид В.В. Введение в физику сверхпроводников. М.: Наука.-1982.
5. Калашников С.Г. Электричество. М.: Наука –5-изд.-1985.

### IV. ОПТИКА:

1. Матвеев А.Н. Оптика. М.: Высш. Шк.1985.
2. Сивухин Д.В. Курс общей физики. Оптика. М.: Наука. 1980.
3. Калитиевский Н.И. Волновая оптика. М.: Высш.шк. 1975.
4. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: Наука .1970.
5. Ярив А., Юх П. Оптические волны в кристаллах. М.: Мир, 1987.
6. Стафеев С.К., Боярский К.К., Башнина Г.Л. Основы оптики. С.-Петербург, Москва: Лань, 2013.
7. Алешкевич В.А. Оптика. М.: Физматлит, 2010.
8. Раутиан С.Г. Введение в физическую оптику. М.: Либриком, 2009.

## V. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА:

1. Гольдин Л.Л. Новикова Г.И. Введение в квантовую физику. М.: Наука.-1988.
2. Сивухин Л.В. Общий курс физики. Атомная и ядерная физика. М.: Наука.1986.-Т.4.
3. Мальцев А.А. Молекулярная спектроскопия. М.: Изд-во МГУ.-1980.
4. Борн М. Атомная физика. М.: Мир.1967.
5. Шпольский Э.В. Атомная физика. М.:Наука.-1984.- Т.12

## VI. ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА:

1. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика.М.:Итомиздат.-1983. Т-1.
2. Широкив Ю.М., Юдин К.П. Ядерная физика. М.:Наука.-1980.
3. Ракобольская И.В. Ядерная физика. М.: изд. МГУ.1983.
4. Сивухин В.Д. Атомная и ядерная физика. Учебное пособие для вузов в 2-х частях ч.2.

Согласовано:

Заведующий кафедрой  
фундаментальных дисциплин  
и методологии науки



О.В. Александрова

Заведующий аспирантурой



Е.В. Нефедова

Декан факультета подготовки кадров



А.Н. Кокорин