

**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
«шое» _____ 2025г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

«Приборы и методы экспериментальной физики»

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

по научной специальности

1.3.2 «Приборы и методы экспериментальной физики»

Красноярск 2025

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 «Приборы и методы экспериментальной физики» 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 «Приборы и методы экспериментальной физики» нацелено на оценку знаний лиц, поступающих на программу 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 вступительного испытания

Вступительное испытание проводится на русском языке в устной форме. Экзаменационный билет содержит три теоретических вопроса. Вопросы соответствуют содержанию вступительного испытания.

3 Содержание программы

Часть I. Механика

Кинематика. Перемещение точки. Скорость. Равномерное движение. Ускорение. Прямолинейное равнопеременное движение. Ускорение при криволинейном движении. Кинематика вращательного движения.

Динамика материальной точки. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета. Второй закон Ньютона. Единицы измерения и размерности физических величин. Третий закон Ньютона. Принцип относительности Галилея. Силы трения. Силы, действующие при криволинейном движении. Движение тела с переменной массой. Закон сохранения импульса.

Работа и энергия. Работа. Мощность. Потенциальное поле сил. Силы консервативные и неконсервативные. Энергия. Закон сохранения энергии. Связь между потенциальной энергией и силой. Условия равновесия механической системы.

Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции. Центробежные силы инерции. Силы Кориолиса.

Механика твердого тела. Движение твердого тела. Движение центра инерции твердого тела. Вращение твердого тела. Момент силы. Основное уравнение динамики вращательного движения. Момент инерции. Кинетическая энергия твердого тела. Момент импульса материальной точки. Закон сохранения момента импульса. Упругие деформации твердого тела. Закон Гука.

Всемирное тяготение. Закон всемирного тяготения. Масса инертная и масса гравитационная. Законы Кеплера. Космические скорости.

Статика жидкостей и газов. Давление. Распределение давления в покоящихся жидкости и газе. Выталкивающая сила.

Гидродинамика. Линии и трубки тока. Неразрывность струи. Уравнение Бернулли. Силы внутреннего трения. Ламинарное и турбулентное течение. Движение тел в жидкостях и газах. Подъемная сила и сила сопротивления.

Часть II. Колебания и волны.

Колебательное движение. Общие сведения о колебаниях. Гармонические колебания. Энергия гармонического колебания. Гармонический осциллятор. Малые колебания системы вблизи положения равновесия. Математический маятник. Физический маятник. Сложение колебаний. Затухающие колебания. Автоколебания. Вынужденные колебания. Параметрический резонанс.

Волны. Распространение волны в упругой среде. Плоская и сферическая волны. Уравнение плоской волны. Энергия упругой волны. Интерференция и дифракция волн. Стоячие волны. Колебания струны. Звуковые волны. Ультразвук. Скорость звуковых волн в газах. Эффект Доплера.

Часть III. Молекулярная физика и термодинамика.

Молекулярно-кинетические представления. Масса и размеры молекул. Равновесные и неравновесные состояния системы. Температура. Уравнение состояния идеального газа.

Основы термодинамики. Внутренняя энергия системы. Первое начало термодинамики. Работа, совершаемая телом при изменении его объема. Коэффициент полезного действия тепловой машины. Второе начало термодинамики. Цикл Карно. Термодинамическая шкала температур. Неравенство Клаузиуса. Энтропия. Свойства энтропии. Теорема Нернста. Энтропия и вероятность.

Кинетическая теория газов. Уравнение кинетической теории газов. Равномерное распределение энергии по степеням свободы. Внутренняя энергия и теплоёмкость идеального газа. Уравнение адиабаты идеального газа. Политропические процессы. Работа, совершаемая идеальным газом при различных процессах. Распределение молекул газа по скоростям. Экспериментальная проверка закона распределения Максвелла. Барометрическая формула. Распределение Больцмана.

Процессы переноса. Средняя длина свободного пробега. Явления переноса. Вязкость газа. Теплопроводность. Диффузия в газах.

Реальные газы. Отклонение газов от идеальности. Уравнение Ван-дерВаальса. Экспериментальные изотермы. Пересыщенный пар и перегретая жидкость. Внутренняя энергия реального газа. Эффект Джоуля-Томпсона.

Кристаллическое состояние. Отличительные черты кристаллического состояния. Типы кристаллических решеток. Тепловое движение в кристаллах. Теплоемкость кристаллов.

Жидкое состояние. Поверхностное натяжение. Давление под изогнутой поверхностью жидкости. Явления на границе жидкости и твердого тела. Капиллярные явления.

Фазовые равновесия и превращения. Испарение и конденсация. Плавление и кристаллизация. Кристаллическая точка. Уравнение Клапейрона. Тройная точка. Диаграмма состояния. Понятия о фазовых переходах второго рода.

Часть IV. Электричество и магнетизм

Электрическое поле в вакууме. Взаимодействие зарядов. Закон Кулона. Системы единиц. Электрическое поле. Напряженность поля. Суперпозиция полей. Поле диполя. Поток вектора напряженности. Теорема Гаусса. Работа сил электростатического поля. Потенциал. Связь между напряженностью электрического поля и потенциалом.

Электрическое поле в диэлектриках. Полярные и неполярные молекулы. Диполь в однородном и неоднородном электрических полях. Поляризация диэлектриков. Описание поля в диэлектриках. Сегнетоэлектрики. Прямой и обратный пьезоэлектрический эффект.

Проводники в электрическом поле. Равновесие зарядов на проводнике. Проводник во внешнем электрическом поле. Электроемкость. Конденсаторы. Соединение конденсаторов.

Энергия электрического поля. Энергия системы зарядов. Энергия заряженного проводника. Энергия заряженного конденсатора. Энергия электрического поля.

Постоянный электрический ток. Электрический ток. Электродвижущая сила. Закон Ома. Сопротивление проводников. Закон Джоуля-Ленца. Закон Ома для неоднородного участка цепи. Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа. Коэффициент полезного действия источника тока.

Магнитное поле в вакууме. Взаимодействие токов. Магнитное поле. Закон Био-Савара. Поле движущегося заряда. Поля прямого и кругового токов. Циркуляция вектора магнитной индукции. Поле соленоида.

Действие магнитного поля на токи и заряды. Сила, действующая на ток в магнитном поле. Закон Ампера. Сила Лоренца. Контур с током в магнитном поле. Работа, совершаемая при перемещении проводника с током в магнитном поле.

Магнетики. Описание поля в магнетиках. Классификация магнетиков. Магнитомеханические явления. Магнитные моменты атомов и молекул. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм.

Электромагнитная индукция. Явление электромагнитной индукции. Электродвижущая сила индукции. Явление самоиндукции. Ток при замыкании и размыкании цепи. Энергия магнитного поля. Взаимная индукция.

Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях. Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле. Отклонение движущихся заряженных частиц электрическими и магнитными полями. Масс-спектрографы. Циклотрон.

Электрический ток в металлах и полупроводниках. Природа носителей тока в металлах. Классическая теория металлов. Понятие о квантовой теории металлов. Полупроводники. Эффект Холла. Термоэлектронная эмиссия. Электронные лампы. Контактная разность потенциалов. Термоэлектрические явления. Полупроводниковые диоды и триоды.

Электрический ток в газах. Виды газового разряда. Несамостоятельный газовый разряд. Ионизационные камеры и счетчики. Газоразрядная плазма. Тлеющий, дуговой, искровой и коронный разряды.

Переменный ток. Квазистационарные токи. Переменный ток, текущий через индуктивность. Переменный ток, текущий через емкость. Цепь переменного тока, содержащая емкость, индуктивность и сопротивление. Мощность, выделяемая в цепи переменного тока.

Электрические колебания. Свободные колебания в контуре без активного сопротивления. Свободные затухающие колебания. Вынужденные электрические колебания.

Электромагнитное поле. Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Электромагнитное поле. Описание свойств векторных полей. Уравнения Максвелла.

Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Плоская электромагнитная волна. Экспериментальное исследование электромагнитных волн. Энергия электромагнитного поля. Импульс и давление электромагнитного поля. Скин-эффект.

Часть V. Оптика.

Основные законы оптики. Принцип Ферма. Скорость света. Световой поток. Фотометрические величины и их единицы. Фотометрия.

Геометрическая оптика. Основные понятия и определения. Преломление на сферической поверхности. Линза. Погрешности оптических форм. Оптические приборы.

Интерференция света. Интерференция световых волн. Способы наблюдения интерференции света. Интерференция света при отражении от тонких пластинок. Применения интерференции света.

Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля. Зоны Френеля. Дифракция Френеля от простейших преград. Дифракция Фраунгофера от щели. Дифракционная решетка. Дифракция рентгеновских лучей.

Поляризация света. Естественный и поляризованный свет. Поляризация при отражении и преломлении. Поляризация при двойном лучепреломлении. Интерференция поляризованных лучей. Вращение плоскости поляризации.

Теория относительности. Опыт Майкельсона. Специальная теория относительности. Преобразования Лоренца. Следствия из преобразований Лоренца. Интервал. Сложение скоростей. Релятивистская динамика.

Взаимодействие электромагнитных волн с веществом. Дисперсия света. Групповая скорость. Элементарная теория дисперсии. Поглощение света. Рассеяние света. Эффект Вавилова-Черенкова.

Часть VI. Атомная физика.

Тепловое излучение. Тепловое излучение и люминесценция. Закон Кирхгофа. Закон Стефана-Больцмана. Закон Вина. Формула Релея-Джинса. Формула Планка.

Фотоны. Тормозное рентгеновское излучение. Фотоэффект. Фотоны. Эффект Комптона.

Боровская теория атома. Закономерности в атомных спектрах. Модель - частиц. Ядерная модель атома. Постулаты Бора. Опыт Франка и Герца. Элементарная боровская теория водородного атома.

Квантово-механическая теория водородного атома. Гипотеза деБройля. Волновые свойства вещества. Уравнение Шредингера. Квантовомеханическое описание движения микрочастиц. Свойства волновой функции. Квантование. Атом водорода.

Многоэлектронные атомы. Спектры щелочных металлов. Нормальный эффект Зеемана. Мультиплетность спектров и спин электрона. Момент количества движения в квантовой механике. Результирующий момент многоэлектронного атома. Распределение электронов в атоме по энергетическим уровням. Периодическая система элементов Менделеева. Рентгеновские спектры. Ширина спектральных линий.

Молекулы и кристаллы. Энергия молекулы. Молекулярные спектры. Комбинационное рассеяние света. Теплоемкость кристаллов. Эффект Мёссбауэра. Лазеры.

Часть VII. Физика атомного ядра и элементарных частиц.

Атомное ядро. Состав и характеристика атомного ядра. Масса и энергия связи ядра. Природа ядерных сил. Радиоактивность. Ядерные реакции. Деление ядер. Термоядерные реакции.

Космические лучи. Методы наблюдения элементарных частиц.

Классификация элементарных частиц и виды взаимодействий. Частицы и античастицы. Изотопический спин. Странные частицы. Несохранение четности в слабых взаимодействиях. Нейтрино. Систематика элементарных частиц.

4 Примерный перечень вопросов

- 1 Прямолинейное равнопеременное движение. Криволинейное движение. Кинематика вращательного движения.
- 2 Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета. Второй закон Ньютона. Принцип относительности Галилея. Третий закон Ньютона.
- 3 Закон сохранения импульса.

- 4 Работа. Потенциальное поле сил. Силы консервативные и неконсервативные. Закон сохранения энергии. Связь между потенциальной энергией и силой.
- 5 Силы инерции. Центробежные силы инерции. Силы Кориолиса.
- 6 Движение твердого тела. Движение центра инерции твердого тела. Вращение твердого тела. Момент силы. Момент инерции.
- 7 Момент импульса материальной точки. Закон сохранения момента импульса.
- 8 Закон всемирного тяготения. Масса инертная и масса гравитационная. Законы Кеплера.
- 9 Давление. Распределение давления в покоящихся жидкости и газе. Выталкивающая сила.
- 10 Уравнение Бернулли. Ламинарное и турбулентное течение. Подъемная сила и сила сопротивления.
- 11 Гармонические колебания. Энергия гармонического колебания. Гармонический осциллятор. Малые колебания системы вблизи положения равновесия. Математический маятник.
- 12 Сложение колебаний. Затухающие колебания. Вынужденные колебания.
- 13 Распространение волн в упругой среде. Уравнение плоской волны. Энергия упругой волны.
- 14 Звуковые волны. Ультразвук. Скорость звуковых волн. Эффект Доплера.
- 15 Равновесные и неравновесные состояния системы. Температура. Уравнение состояния идеального газа.
- 16 Внутренняя энергия системы. Работа, совершаемая телом при изменении его объема. Первое начало термодинамики.
- 17 Коэффициент полезного действия тепловой машины. Второе начало термодинамики. Цикл Карно.
- 18 Неравенство Клаузиуса. Энтропия. Закон возрастания энтропии. Энтропия и вероятность.
- 19 Распределение молекул газа по скоростям. Экспериментальная проверка закона распределения Максвелла.
- 20 Барометрическая формула. Распределение Больцмана.
- 21 Средняя длина свободного пробега. Теплопроводность. Диффузия в газах.
- 22 Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Эффект Джоуля-Томпсона.
- 23 Типы кристаллических решеток. Тепловое движение в кристаллах. Теплоемкость кристаллов.
- 24 Поверхностное натяжение. Давление под изогнутой поверхностью жидкости. Явления на границе жидкости и твердого тела. Капиллярные явления.
- 25 Фазовые равновесия и превращения. Испарение и конденсация. Плавление и кристаллизация. Уравнение Клапейрона. Диаграмма состояния.
- 26 Взаимодействие зарядов. Закон Кулона. Напряженность электрического поля. Поле диполя.

- 27 Теорема Гаусса. Работа сил электростатического поля. Потенциал. Связь между напряженностью электрического поля и потенциалом.
- 28 Полярные и неполярные молекулы. Поляризация диэлектриков. Описание поля в диэлектриках. Сегнетоэлектрики. Пьезоэлектрики.
- 29 Проводник во внешнем электрическом поле. Емкость. Конденсаторы. Соединение конденсаторов.
- 30 Энергия системы зарядов. Энергия заряженного проводника. Энергия заряженного конденсатора. Энергия электрического поля.
- 31 Электрический ток. Электродвижущая сила. Закон Ома. Сопротивление проводников. Закон Ома для неоднородного участка цепи.
- 32 Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа. Коэффициент полезного действия источника тока.
- 33 Взаимодействие токов. Магнитное поле. Закон Био-Савара. Поле движущегося заряда. Циркуляция вектора магнитной индукции.
- 34 Сила, действующая на ток в магнитном поле. Закон Ампера. Сила Лоренца. Контур с током в магнитном поле.
- 35 Описание поля в магнетиках. Классификация магнетиков. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм.
- 36 Явление электромагнитной индукции. Электродвижущая сила индукции. Самоиндукция. Энергия магнитного поля.
- 37 Природа носителей тока в металлах. Классическая теория металлов.
- 38 Полупроводники. Эффект Холла. Термоэлектронная эмиссия.
- 39 Электронные лампы. Контактная разность потенциалов. Термоэлектрические явления. Диоды и триоды.
- 40 Переменный ток. Цепь переменного тока, содержащая емкость, индуктивность и сопротивление. Мощность, выделяемая в цепи переменного тока.
- 41 Свободные колебания в электрическом контуре без активного сопротивления. Свободные затухающие колебания. Вынужденные электрические колебания.
- 42 Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Электромагнитное поле.
- 43 Уравнения Максвелла.
- 44 Плоская электромагнитная волна. Энергия электромагнитного поля. Импульс и давление электромагнитного поля.
- 45 Принцип Ферма. Скорость света. Световой поток. Фотометрические величины.
- 46 Преломление на сферической поверхности. Линза. Оптические приборы.
- 47 Интерференция световых волн.
- 48 Принцип Гюйгенса-Френеля. Зоны Френеля. Дифракция Френеля. Дифракция Фраунгофера.
- 49 Естественный и поляризованный свет. Поляризация при отражении и преломлении. Поляризация при двойном лучепреломлении.
- 50 Опыт Майкельсона. Специальная теория относительности. Преобразования Лоренца. Следствия из преобразований Лоренца.

- 51 Релятивистская динамика.
- 52 Тепловое излучение. Закон Стефана-Больцмана. Формула Планка.
- 53 Фотоэффект. Фотоны.
- 54 Постулаты Бора. Опыт Франка и Герца.
- 55 Боровская теория водородного атома.
- 56 Гипотеза де-Бройля. Волновые свойства вещества. Уравнение Шредингера. Квантово-механическое описание движения микрочастиц.
- 57 Многоэлектронные атомы. Спин электрона. Распределение электронов в атоме по энергетическим уровням. Периодическая система элементов Менделеева.
- 58 Комбинационное рассеяние света. Лазеры.
- 59 Состав и характеристика атомного ядра. Масса и энергия связи ядра.
- 60 Природа ядерных сил. Радиоактивность. Ядерные реакции. Деление ядер. Термоядерные реакции.
- 61 Методы наблюдения элементарных частиц.
- 62 Классификация элементарных частиц и виды взаимодействий. Частицы и античастицы.
- 63 Изотопический спин. Странные частицы. Несохранение четности в слабых взаимодействиях. Нейтрино.
- 64 Систематика элементарных частиц.

5 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 удовлетворительный	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.

6 Список рекомендуемой литературы

1. Боровков А.А. Математическая статистика. М.: Наука, 2004.
2. Зайдель А.Н. Ошибки измерений физических величин. СПб.: Изд-во "Лань", 2009.
3. Матвеев А.Н. Молекулярная физика. СПб.: Изд-во «Лань», 2009.
4. Сивухин Д.В. Общий курс физики. М.: Атомная и ядерная физика. В 2 ч. Изд-во АСТ, 2006.

5. Сивухин Д.В. Общий курс физики. М.: Оптика 2003. Изд-во АСТ, 2006.
6. Сивухин Д.В. Общий курс физики. М.: Электричество. Изд-во АСТ, 2006.
7. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Механика. М.: Изд-во АСТ, 2006.
8. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Термодинамика и молекулярная физика. М.: Изд-во АСТ, 2005.
9. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Изд-во АСТ, 2006.
10. Шпольский Э.В. Атомная физика. Том второй. Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома. Изд-во АСТ, 2006.
11. Шпольский Э.В. Атомная физика. Том первый. Введение в атомную физику. Изд-во АСТ, 2006.
12. Шутов В.И. Сухов В.Г. Подлесный Д.В. Эксперимент в физике. М.: Физматлит, 2005.

Согласовано:

Заведующий кафедрой
фундаментальных дисциплин
и методологии науки



О.В. Александрова

Заведующий аспирантурой



Е.В. Нефедова

Декан факультета подготовки кадров



А.Н. Кокорин