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
«02» июня 2025г.

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

«Физика магнитных явлений»

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
1.3.12 «Физика магнитных явлений»

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 «Физика магнитных явлений» 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 «Физика магнитных явлений» 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

Физические основы механики

Система материальных точек. Внутренние и внешние силы. Замкнутые системы. Движение системы материальных точек. Закон сохранения импульса.

Понятие о гравитационном поле. Напряженность гравитационного поля. Потенциальная энергия гравитационного взаимодействия. Потенциал поля тяготения. Закон тяготения Ньютона. Гравитационная постоянная и ее измерение. Гравитационная и инертная массы. Сила тяжести и вес тела.

Работа силы при упругой деформации и перемещении тела в гравитационном поле. Консервативные и диссипативные силы.

Энергия. Потенциальная энергия. Кинетическая энергия. Кинетическая энергия тела при плоском движении. Внутренняя энергия. Закон сохранения механической энергии.

Момент импульса тела и момент силы относительно точки. Уравнение моментов для материальной точки и системы материальных точек. Закон сохранения момента импульса системы материальных точек.

Идея мирового эфира (СТО) и абсолютной скорости. Опыт Майкельсона-Морли. Относительность длины. Преобразование скоростей в СТО. Масса, импульс, сила и энергия в релятивистской динамике.

Электростатика

Электростатика. Электрические заряды и поля. Закон Кулона. Напряженность поля точечного заряда. Принцип суперпозиции. Работа сил поля при перемещении зарядов. Циркуляция вектора напряженности. Потенциальный характер электростатического поля. Потенциал и эквипотенциальные поверхности. Градиент потенциала и напряженность поля. Проводники и диэлектрики в электростатическом поле.

Поток вектора напряженности. Интегральная и дифференциальная формы теоремы Остроградского-Гаусса. Области их применения. Практические применения теоремы для расчета электростатических полей заряженных тел. Теорема Остроградского-Гаусса для электростатического поля в диэлектрике.

Законы постоянного тока

Движение зарядов в электрическом поле. Электрический ток. Закон Ома для участков цепи. Сопротивление проводника. Дифференциальная форма закона Ома. Сторонние силы. Электродвижущая сила. Закон Ома для участка цепи, содержащего ЭДС и для замкнутой цепи.

Разность потенциалов и напряжение. Работа и мощность в цепи постоянного тока. Закон Джоуля-Ленца. Дифференциальная форма закона Джоуля-Ленца.

Электромагнетизм

Магнитное поле электрического тока. Взаимодействие токов между собой и с постоянным магнитом. Индукция и напряженность магнитного поля. Закон Био-Савара-Лапласа. Циркуляция вектора напряженности магнитного поля. Закон полного тока.

Опыты Фарадея и правило Ленца. Электродвижущая сила индукции. Вихревые токи. Самоиндукция и взаимоиндукция. Электродвижущая сила самоиндукции. Индуктивность. Взаимоиндукция. Трансформатор.

Электромагнитное поле. Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Теория Максвелла для электромагнитного для. Уравнение Максвелла в интегральной и дифференциальной форме.

Механические и электромагнитные колебания

Графическое представление колебаний. Кинематическое уравнение движения точки., совершающей гармонические колебания в отсутствии сил трения. Смещение, скорость и ускорение при гармоническом колебательном движении. Дифференциальное (динамическое) уравнение гармонического осциллятора.

Затухающие колебания. Дифференциальное уравнение движения материальной точки, совершающей затухающие колебания и его решения. (кинематическое уравнение движения). Энергия колебательной системы, совершающей затухающие колебания. Коэффициент затухания., логарифмический декремент затухания, время релаксации.

Вынужденные колебания. Дифференциальное уравнение вынужденных колебаний и его решение. Зависимость амплитуды колебаний и сдвига фаз между смещением материальной точки и вынуждающей силой от параметров колебательной системы и частоты вынуждающей силы. Резонанс.

Механические и электромагнитные волны

Волновое движение. Распространение колебаний в однородной упругой среде. Продольные и поперечные волны. Скорость распространения упругой волны. Волновой фронт. Волновые поверхности. Плоские и сферические волны. Уравнение плоской гармонической бегущей волны. Волновое уравнение. Энергия бегущей упругой волны.

Получение переменной ЭДС. Квазистационарный электрический ток. Действующее и среднее значение переменного тока. Метод векторных диаграмм. Работа и мощность в цепи переменного тока, активная и реактивная мощность.

Колебательный контур. Дифференциальные уравнения свободных незатухающих и затухающих колебаний в колебательном контуре. Коэффициент затухания, логарифмический декремент. Добротность контура. Вынужденные электромагнитные колебания в колебательном контуре. Последовательный и параллельный резонанс.

Волновое уравнение для электромагнитных волн. Плоская монохроматическая электромагнитная волна. Скорость распространения электромагнитных волн. Энергия электромагнитных волн. Вектор Умова-Пойтинга.

Оптика

Интерференционная картина. Когерентность волн. Разность хода и условия интерференционных максимумов и минимумов.

Образование полос равного наклона и равной толщины. Кольца Ньютона. Принцип Гюйгенса-Френеля, понятия о законах Френеля. Зонная пластинка. Дифракция плоского фронта волны на щели, условие дифракционного максимума. Дифракция на дифракционной решетке, характеристики дифракционных решеток (дисперсия, разрешающая способность).

Представление света в виде электромагнитной волны, световой вектор, плоскость поляризации. Эллиптическая, круговая и линейная поляризация. Закон Малюса. Поляризация при отражении и преломлении, закон Брюстера. Интерференция поляризованных волн, хроматическая поляризация. Дихроизм. Вращение плоскости поляризации. Поляризационные приборы (призма Николя, двухлучевые поляризаторы, поляроиды).

Элементы квантовой физики. Атомная физика

Основные законы фотоэффекта внешнего фотоэффекта. Объяснение фотоэффекта в рамках квантовой теории, уравнение Эйнштейна. Давление света, опыты Лебедева. Корпускулярно-волновой дуализм, принцип дополнительности Бора.

Принцип причинности в классической физике и квантовой механике. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Общее и стационарное

уравнение Шредингера. Волновая функция, как интенсивность волны де Бройля.

Физика атомного ядра

Состав атомного ядра. Опыты Резерфорда по рассеянию альфа-частиц. Представление протона и нейтрона как разное зарядовое состояние нуклона. Свойства ядерных сил (короткодействие, насыщение, нецентральность, зависимость от ориентации спинов). Энергия связи ядра. Модели атомного ядра (капельная и оболочечная). Деление атомного ядра, цепная реакция, термоядерный синтез.

Закон радиоактивного распада, законы сохранения заряда массового числа. Свойства альфа-, бета- распадов, гамма излучения. Механизмы альфа- распада. Виды бета- распадов.

Период полураспада, активность нуклида.

Молекулярная физика

Идеальный газ. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов. Молекулярно-кинетическое истолкование абсолютной температуры и давления. Опытные газовые законы.

Внутренняя энергия. Понятие о числе степеней свободы газовых молекул. Закон о распределении энергии по степеням свободы, границы его применимости.

Экспериментальное определение числа Авогадро – опыт Перрена. Распределение молекул газа по скоростям. Экспериментальная проверка распределения Максвелла – опыт Штерна, Элдриджа. Распределение Максвелла-Больцмана.

Остовы термодинамики

Термодинамическая система. Внутренняя энергия – функция состояния системы. Теплообмен и работа как формы передачи энергии – функции процесса. Первое начало термодинамики – закон сохранения и превращения энергии. Теплоемкость, классическая теория теплоемкости идеального газа. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам.

Обратимые и необратимые процессы. Принцип действия тепловой и холодильной машин. Цикл Карно. Формулировки второго начала термодинамики. Неравенство Клаузиуса. Энтропия и термодинамическая вероятность состояния. Закон возрастания энтропии. Статистический смысл второго начала термодинамики. Тепловая теорема Нернста.

Методы измерения физических величин

Измерение линейных размеров тел, промежутков времени, массы тела. Измерение температуры. Правила построения температурных шкал (реперные точки, понятия термометрическое тело и термометрическая величина). Измерение давления. Измерения электрических величин. Измерение освещенности.

Виды. Измерений. Виды и характер ошибок. Ошибки прямых измерений. Статистическая обработка результатов прямых измерений. Оценка погрешности косвенных измерений. Расчет погрешности косвенных измерений

физических величин, связанных различными функциональными зависимостями.

Оценка погрешностей измерений электрических величин (электроизмерительные приборы: класс точности, абсолютная и относительная погрешности электрических измерений).

4 Примерный перечень вопросов

1. Система материальных точек. Внутренние и внешние силы. Замкнутые системы. Движение системы материальных точек.
2. Понятие о гравитационном поле. Напряженность и потенциал гравитационного поля. Потенциальная энергия гравитационного взаимодействия.
3. Работа силы при упругой деформации и перемещении тела в гравитационном поле. Консервативные и диссипативные силы.
4. Энергия. Потенциальная энергия. Кинетическая энергия. Кинетическая энергия тела при плоском движении. Внутренняя энергия. Закон сохранения механической энергии.
5. Момент импульса тела и момент силы относительно точки. Уравнение моментов для материальной точки и системы материальных точек. Закон сохранения момента импульса системы материальных точек.
6. Электрические заряды и поля. Закон Кулона. Напряженность поля точечного заряда. Принцип суперпозиции. Работа сил поля при перемещении зарядов.
7. Циркуляция вектора напряженности. Потенциальный характер электростатического поля. Потенциал и эквипотенциальные поверхности. Градиент потенциала и напряженность поля.
8. Поток вектора напряженности. Интегральная и дифференциальная формы теоремы Остроградского-Гаусса. Практические применения теоремы для расчета электростатических полей заряженных тел. Теорема Остроградского-Гаусса для электростатического поля в диэлектрике.
9. Дифференциальная форма закона Ома. Сторонние силы. Электродвижущая сила. Закон Ома для участка цепи, содержащего ЭДС и для замкнутой цепи.
10. Разность потенциалов и напряжение. Работа и мощность в цепи постоянного тока. Закон Джоуля-Ленца. Дифференциальная форма закона Джоуля-Ленца.
11. Магнитное поле электрического тока. Взаимодействие токов между собой и с постоянным магнитом. Индукция и напряженность магнитного поля. Закон Био-Савара-Лапласа. Циркуляция вектора напряженности магнитного поля. Закон полного тока.

12. Опыты Фарадея и правило Ленца. Электродвижущая сила индукции. Вихревые токи. Самоиндукция и взаимоиндукция. Электродвижущая сила самоиндукции. Индуктивность. Взаимоиндукция.
13. Электромагнитное поле. Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Теория Максвелла для электромагнитного для. Уравнение Максвелла в интегральной и дифференциальной форме.
14. Колебательный контур. Дифференциальные уравнения свободных незатухающих и затухающих колебаний в колебательном контуре. Коэффициент затухания, логарифмический декремент. Добротность контура. Вынужденные электромагнитные колебания в колебательном контуре. Последовательный и параллельный резонанс.
15. Волновое уравнение для электромагнитных волн. Плоская монохроматическая электромагнитная волна. Скорость распространения электромагнитных волн. Энергия электромагнитных волн. Вектор Умова-Пойтинга.
16. Интерференционная картина. Когерентность волн. Разность хода и условия интерференционных максимумов и минимумов. Образование полос равного наклона и равной толщины. Кольца Ньютона.
17. Принцип Гюйгенса-Френеля, понятия о законах Френеля. Зонная пластинка. Дифракция плоского фронта волны на щели, условие дифракционного максимума. Дифракция на дифракционной решетке, характеристики дифракционных решеток (дисперсия, разрешающая способность).
18. Представление света в виде электромагнитной волны, световой вектор, плоскость поляризации. Эллиптическая, круговая и линейная поляризация. Закон Малюса. Поляризация при отражении и преломлении, закон Брюстера. Интерференция поляризованных волн, хроматическая поляризация. Дихроизм. Вращение плоскости поляризации. Поляризационные приборы (призма Николя, двухлучевые поляризаторы, поляроиды).
19. Основные законы фотоэффекта внешнего фотоэффекта. Объяснение фотоэффекта в рамках квантовой теории, уравнение Эйнштейна. Давление света, опыты Лебедева. Корпускулярно-волновой дуализм, принцип дополнительности Бора.
20. Принцип причинности в классической физике и квантовой механике. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Общее и стационарное уравнение Шредингера. Волновая функция, как интенсивность волны де Бройля.
21. Состав атомного ядра. Опыты Резерфорда по рассеянию альфа-частиц. Представление протона и нейтрона как разное зарядовое состояние нуклона. Свойства ядерных сил (короткодействие, насыщение, нецентральность, зависимость от ориентации спинов). Энергия связи ядра. Модели атомного ядра (капельная и оболочечная). Деление атомного ядра, цепная реакция, термоядерный синтез.

22. Закон радиоактивного распада, законы сохранения заряда массового числа. Свойства альфа-, бета- распадов, гамма излучения. Механизмы альфа- распада. Виды бета- распадов. Период полураспада, активность нуклида.
23. Термодинамическая система. Внутренняя энергия – функция состояния системы. Теплообмен и работа как формы передачи энергии – функции процесса. Первое начало термодинамики – закон сохранения и превращения энергии. Теплоемкость, классическая теория теплоемкости идеального газа. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам.
24. Обратимые и необратимые процессы. Принцип действия тепловой и холодильной машин. Цикл Карно. Формулировки второго начала термодинамики. Неравенство Клаузиуса. Энтропия и термодинамическая вероятность состояния. Закон возрастания энтропии. Статистический смысл второго начала термодинамики. Тепловая теорема Нернста.
25. Виды. Измерений. Виды и характер ошибок. Ошибки прямых измерений. Статистическая обработка результатов прямых измерений. Оценка погрешности косвенных измерений. Расчет погрешности косвенных измерений физических величин, связанных различными функциональными зависимостями.

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 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 неудовлетвори-тельный	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. Бондарев Б.В., Калашников Н.П., Спирин Г.Г. Курс общей физики Кн. 1-3,: Механика – М.:Высш.шк.-2003.
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. Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм. С.-П.:Лань, 2010.

5. Сивухин Д.В. Общий курс физики. М.: Атомная и ядерная физика. В 2 ч. Изд-во АСТ, 2006.
6. Сивухин Д.В. Общий курс физики. М.: Оптика 2003. Изд-во АСТ, 2006.
7. Сивухин Д.В. Общий курс физики. М.: Электричество. Изд-во АСТ, 2006.
8. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Механика. М.: Изд-во АСТ, 2006.
9. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Термодинамика и молекулярная физика. М.: Изд-во АСТ, 2005.
10. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Изд-во АСТ, 2006.
11. 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