

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
БАЛТИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ И. КАНТА

«УТВЕРЖДАЮ»
Руководитель ОНК
«Институт высоких технологий»
А. В. Юров
«29» ноября 2024 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

по программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Научная специальность **1.3.12. Физика магнитных явлений**

Калининград
2024

Лист согласования

Составитель: Гриценко К.А., к. ф.-м. н., директор высшей школы нанотехнологий и инженерии

Программа одобрена Экспертным советом ОНК «Институт высоких технологий»
Протокол № 5 от «29» ноября 2024 г.

Председатель Экспертного совета ОНК ИВТ _____ А.В. Юров



Главный специалист Института подготовки НПК _____



Е.И. Козенкова

Настоящая программа разработана для поступающих в аспирантуру на научную специальность 1.3.12 Физика магнитных явлений.

Абитуриенты, желающие освоить основную образовательную программу подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 1.3.12 Физика магнитных явлений, должны ознакомиться с Правилами приема в Балтийский федеральный университет им. И. Канта на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

К освоению программ аспирантуры по научной специальности 1.3.12 Физика магнитных явлений, имеющие высшее образование, подтверждаемое присвоением им квалификации «специалист», «дипломированный специалист», «магистр», а также лица, имеющие базовое высшее образование (освоение программы сроком не менее 6 лет) или специализированное высшее образование, при выполнении одного из двух условий:

— образование релевантно группе научных специальностей 1.3. Физические науки (в соответствии со Списком релевантности направлений подготовки по программам магистратуры и специалитета группам научных специальностей (научным специальностям) по программам аспирантуры в 2025 году, утверждённым Ученым советом БФУ им. И. Канта);

— имеется стаж работы в отрасли/должности, соответствующей группе научных специальностей 1.3. Физические науки, сроком не менее 3 лет.

Целью вступительного испытания является оценка базовых знаний, поступающих в аспирантуру с точки зрения их достаточности для проведения научно-исследовательской деятельности по научной специальности 1.3.12 Физика магнитных явлений.

Вступительное испытание по специальной дисциплине научной специальности 1.3.12 Физика магнитных явлений проводится на русском или английском языке по билетам в устной форме. Экзаменационный билет включает 2 вопроса из предлагаемого перечня, а также собеседование с членами экзаменационной комиссии, в ходе которого абитуриент обосновывает выбор научной специальности, выбор предполагаемого научного руководителя из числа преподавателей и научных работников университета, имеющих право осуществлять научное руководство аспирантами по соответствующей научной специальности, излагает профессиональные планы и цели подготовки и защиты кандидатской диссертации по выбранной научной специальности.

Содержание программы

РАЗДЕЛ I

Физические основы механики

1. **Основы кинематики.** Кинематика материальной точки и абсолютно твердого тела. Преобразование скорости и ускорения при переходе к другой системе отсчета.
2. **Основное уравнение динамики материальной точки.** Инерциальные системы отсчета. Принцип относительности Галилея и основные законы ньютоновской механики. Силы. Основное уравнение динамики. Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции.
3. **Закон сохранения импульса.** Импульс материальной точки; импульс системы. Закон сохранения импульса. Центр масс. Система центра масс. Движение тела переменной массы.
4. **Закон сохранения энергии.** Работа и мощность силы. Консервативные силы и потенциальная энергия. Механическая энергия частицы в консервативном поле. Потенциальная энергия системы. Закон сохранения механической энергии системы. Законы сохранения при столкновениях частиц.
5. **Закон сохранения момента импульса.** Момент импульса частицы. Момент силы. Закон сохранения момента импульса. Собственный момент импульса. Динамика твердого тела.
6. **Механические колебания.** Гармонические колебания. Сложение колебаний. Затухающие колебания. Вынужденные колебания.
7. **Кинематика специальной теории относительности.** Основные трудности нерелятивистской физики. Постулаты Эйнштейна. Эффекты замедления времени и сокращения длины. Преобразования Лоренца и следствия из них.
8. **Релятивистская динамика.** Релятивистский импульс. Основное уравнение релятивистской динамики. Закон взаимосвязи массы и энергии. Связь между импульсом и энергией частицы. Система релятивистских частиц.
9. **Упругие волны.** Уравнение волны. Волновые уравнения. Скорость и энергия упругой волны. Стоячие волны. Эффект Доплера в акустике.

Молекулярная физика и термодинамика

10. **Молекулярно-кинетическая теория.** Представления молекулярно-кинетической теории о строении вещества. Масса и размеры молекул. Основное уравнение

- молекулярно-кинетической теории газов. Идеальный газ во внешнем поле. Распределение молекул по проекции скорости на координатную ось; распределение молекул по модулю скорости. Закон распределения Максвелла – Больцмана.
11. **Первое начало термодинамики.** Работа, внутренняя энергия и теплота. Первое начало термодинамики. Теплоемкость термодинамической системы. Теплоемкость идеального газа. Политропические процессы. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы молекул.
 12. **Второе начало термодинамики.** Второе начало термодинамики. Коэффициент полезного действия (КПД) тепловой машины. Холодильный коэффициент. КПД цикла Карно. Теоремы Карно и их следствия. Неравенство Клаузиуса. Энтропия. Закон возрастания энтропии.
 13. **Основное уравнение термодинамики.** Метод термодинамических функций. Термодинамические потенциалы и их свойства. Третье начало термодинамики.
 14. **Неидеальные газы.** Модель газа Ван-дер-Ваальса. Внутренняя энергия и энтропия газа Ван-дер-Ваальса. Изотермы газа Ван-дер-Ваальса и реального газа. Критическое состояние вещества. Метастабильные состояния. Процесс Джоуля – Томсона.
 15. **Фазовые переходы.** Фазовые переходы. Условия равновесия фаз. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Диаграмма состояний. Жидкое состояние: поверхностное натяжение; давление под изогнутой поверхностью; явления на границе между средами; капиллярные явления. Кристаллическое состояние: строение, симметрия и физические типы кристаллов. Плазма: дебаевский радиус; условие квазинейтральности; плазменные колебания; температура и проводимость плазмы; плазма в магнитном поле.
 16. **Кинетические явления.** Уравнения диффузии, теплопроводности и внутреннего трения. Эффективный диаметр молекулы. Средняя длина и среднее время свободного пробега молекул. Коэффициенты переноса идеальных газов.
 17. **Распределение Ферми – Дирака.** Квантовые статистики. Распределение Ферми – Дирака для электронов в металле. Зонная теория. Электропроводность металлов и полупроводников.
 18. **Распределение Бозе – Эйнштейна.** Распределение Бозе – Эйнштейна для фотонного газа. Закон Стефана – Больцмана. Закон смещения Вина. Теплоемкость твердого тела. Теплоемкость твердых тел: модели Эйнштейна и Дебая. Фононы. Колебательная энергия решетки. Теплоемкость кристаллов.

Электромагнетизм

19. **Электростатическое поле в вакууме.** Электрическое поле. Закон Кулона. Теорема Гаусса и ее применения. Циркуляция вектора напряженности электростатического поля. Потенциал. Связь между напряженностью и потенциалом электростатического поля. Электрический диполь. Напряженность и потенциал электрического поля диполя. Диполь во внешнем электрическом поле.
20. **Проводник в электростатическом поле.** Электрическое поле внутри и снаружи проводника. Силы, действующие на поверхность проводника. Свойства замкнутой проводящей оболочки. Общая задача электростатики. Метод изображений. Емкость. Конденсаторы.
21. **Электрическое поле в диэлектрике.** Поляризация диэлектрика. Вектор поляризованности и его свойства. Вектор электрического смещения. Условия для векторов напряженности и электрического смещения на границе раздела диэлектрических сред. Поле в однородном диэлектрике.
22. **Энергия электрического поля.** Электрическая энергия системы зарядов. Энергия заряженных проводника и конденсатора. Энергия электрического поля. Энергия системы двух заряженных тел. Силы при наличии диэлектрика.
23. **Постоянный электрический ток.** Плотность тока. Уравнение непрерывности. Закон Ома для однородного проводника. Обобщенный закон Ома. Правила Кирхгофа расчета разветвленных цепей постоянного тока. Закон Джоуля – Ленца. Переходные процессы в цепи с конденсатором.
24. **Магнитное поле в вакууме.** Сила Лоренца. Магнитное поле. Закон Био – Савара – Ласпласа. Основные законы магнитного поля: теорема Гаусса и теорема о циркуляции вектора индукции магнитного поля. Применение теоремы о циркуляции вектора индукции магнитного поля. Сила Ампера. Момент сил, действующих на контур с током во внешнем магнитном поле. Работа по перемещению контура с током во внешнем магнитном поле.
25. **Магнитное поле в веществе.** Намагничивание вещества. Вектор намагниченности. Циркуляция вектора намагниченности. Вектор напряженности магнитного поля. Граничные условия для векторов индукции и напряженности магнитного поля. Поле в однородном магнетике. Ферромагнетизм.
26. **Относительность электрического и магнитного полей.** Электромагнитное поле. Инвариантность заряда. Законы преобразования векторов напряженности электрического поля и индукции магнитного поля и следствия из них. Инварианты электромагнитного поля.

27. **Электромагнитная индукция.** Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца. Природа электромагнитной индукции. Явление самоиндукции. Взаимная индукция. Энергия магнитного поля. Магнитная энергия двух контуров с токами. Энергия и силы в магнитном поле.
28. **Уравнения Максвелла. Энергия электромагнитного поля.** Ток смещения. Система Уравнений Максвелла. Энергия и поток энергии электромагнитного поля. Вектор Умова – Пойнтинга. Импульс электромагнитного поля.
29. **Электрические колебания.** Уравнение колебательного контура. Свободные электрические колебания. Затухающие электрические колебания. Вынужденные электрические колебания. Переменный ток.
30. **Электромагнитные волны.** Волновое уравнение электромагнитной волны. Плоская электромагнитная волна. Стоячие электромагнитные волны. Энергия и импульс электромагнитной волны. Эффект Доплера для электромагнитных волн. Излучение диполя.

Волновая оптика

31. **Введение в оптику.** Свойства световой волны. Формулы Френеля. Закон Брюстера. Основные понятие и величины фотометрии. Законы геометрической оптики. Принцип Ферма. Увеличение оптических приборов.
32. **Интерференция света.** Интерференция световых волн от двух когерентных источников. Интерференционные схемы. Интерференция двух плоских волн. Временная когерентность. Фурье-спектр световой волны. Пространственная когерентность. Интерференция в тонких пленках. Кольца Ньютона. Интерферометр Майкельсона. Многолучевая интерференция.
33. **Дифракция света.** Принцип Гюйгенса – Френеля. Зоны Френеля. Дифракция Френеля на круглом отверстии, диске, полуплоскости и щели. Дифракция Фраунгофера на круглом отверстии и щели. Дифракционная решетка. Дифракционная решетка как спектральный прибор Дифракция на пространственной решетке.
34. **Поляризация света.** Естественный и поляризованный свет. Закон Малюса. Поляризация при отражении и преломлении. Поляризация при двойном лучепреломлении. Суперпозиция и интерференция поляризованных волн. Искусственное двойное лучепреломление. Вращение направления плоскости поляризации.

35. **Взаимодействие света с веществом.** Дисперсия света. Классическая теория дисперсии. Групповая скорость. Поглощение света. Рассеяние света.

Квантовая физика, атомная физика

36. **Квантовые свойства электромагнитного излучения.** Фотоэффект. Тормозное рентгеновское излучение. Опыт Боле. Фотоны. Эффект Комптона.
37. **Атом Резерфорда – Бора.** Ядерная модель атома. Опыты Резерфорда. Спектральные закономерности. Постулаты Бора. Опыты Франка – Герца. Боровская модель атома водорода. Спектральные серии водородоподобных атомов. Магнитный момент атома водорода. Недостатки теории Бора.
38. **Волновые свойства частиц.** Гипотеза де Бройля и ее экспериментальные подтверждения. Преломление волн де Бройля. Опыты Томсона и Тартаковского. Опыты с нейтронами, одиночными электронами и молекулами. Эксперименты Йенсена. Принцип неопределенности Гейзенберга. Соотношения неопределенностей Гейзенберга и основные выводы из них.
39. **Уравнение Шредингера.** Состояние частицы в квантовой теории. Уравнение Шредингера. Стационарные состояния. Квантование энергии. Частица в бесконечно глубокой одномерной потенциальной яме. Потенциальные барьеры. Туннельный эффект. Квантовый гармонический осциллятор.
40. **Основы квантовой теории.** Средние значения физических величин. Операторы. Основные постулаты квантовой теории. Собственные состояния. Квантование момента импульса и его проекции на выделенную ось. Ротатор.
41. **Квантование атомных состояний.** Квантование атома водорода. Кратность вырождения. Распределение плотности вероятности. Уровни и спектры щелочных металлов. Правила отбора. Спектральные серии. Спин электрона. Полный момент импульса электрона. Тонкая структура спектральных линий. Механический момент многоэлектронного атома. Типы связи. Принцип Паули. Правила Хунда. Характеристические рентгеновские спектры
42. **Магнитные свойства атомов.** Орбитальный магнитный момент. Опыты Штерна – Герлаха. Спиновый магнитный момент. Полный магнитный момент атома. Простой и сложный эффекты Зеемана. Эффект Пашена – Бака. Электронный магнитный резонанс.

Физика атомного ядра и элементарных частиц

43. **Атомное ядро.** Состав ядра. Характеристики атомного ядра. Размеры ядер. Спин ядра. Масса и энергия связи ядра. Удельная энергия связи. Ядерные силы и их особенности. Механизм взаимодействия нуклонов. Модели ядер.
44. **Радиоактивность. Ядерные реакции.** Основной закон радиоактивного распада. Основные типы радиоактивности: альфа и бета-распады. Энергетика бета-распада. Распределение электронов по энергиям при бета-распаде. Гамма-распад. Эффект Мессбауэра. Ядерные реакции. Выход ядерной реакции. Типы ядерных реакций. Энергия и порог ядерной реакции. Уровни возбуждения ядра.
45. **Элементарные частицы.** Фундаментальные взаимодействия. Систематика элементарных частиц. Античастицы. Законы сохранения в физике элементарных частиц. Четность. Изотопический спин. Кварковая модель адронов.

РАЗДЕЛ II

1. Квантовые числа электрона в атоме. Волновая функция электрона.
2. Магнитный момент, намагниченность. Характеристики магнитного поля.
3. Источники магнитных полей. Размагничивающие поля. Факторразмагничивания.
4. Классификация и основные характеристики магнетиков: магнитная восприимчивость, магнитная проницаемость.
5. Зависимости основных характеристик магнетиков от температуры.
6. Намагничивание ферромагнетиков. Петля магнитного гистерезиса и его основные характеристики.
7. Закон электромагнитной индукции Фарадея.
8. Распределение Ферми-Дирака для электронов в металле. Химический потенциал.
9. Типы, константы и энергии магнитной анизотропии. Наведенная магнитная анизотропия.
10. Эффект Зеемана.
11. Домены в ферромагнетиках. Виды доменов и доменных границ.
12. Фазовый переход магнетиков. Переходы первого и второго рода. Диаграмма состояний.
13. Критическая температура. Температура Кюри. Температура Нееля.
14. Магнитооптические эффекты: Фарадея, Керра, Коттона-Мутона.
15. Ферромагнитный резонанс.
16. Эффекты Холла.
17. Взаимодействие Дзялошинского-Мория.

18. Обменное взаимодействие. Типы обменного взаимодействия.
РККИ взаимодействие.
19. Магнитострикция. Магнитоупругая энергия. Магнитоупругие постоянные.
20. Спин-орбитальное взаимодействие. Магнитное дипольное взаимодействие.
Сверхтонкое взаимодействие..

Критерии оценивания уровня знаний

Оценка знаний поступающего в аспирантуру производится по 100-бальной шкале. Максимальный балл за ответ на экзаменационный билет – 100. Минимальный балл, соответствующий положительной оценке – 50.

86-100 баллов выставляется экзаменационной комиссией за обстоятельный и обоснованный ответ на все вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Поступающий в аспирантуру в процессе ответа на вопросы экзаменационного билета правильно определяет основные понятия, свободно ориентируется в теоретическом и практическом материале по предложенной тематике. Экзаменуемый показывает всестороннее, систематическое и глубокое знание основного и дополнительного материала, усвоил рекомендованную литературу; может объяснить взаимосвязь основных понятий; проявляет творческие способности в понимании и изложении материала. В ходе собеседования устанавливается высокая степень мотивированности к подготовке и защите кандидатской диссертации в период освоения программы аспирантуры, наличие научного задела по теме планируемого исследования, участия в исследовательских проектах, научных грантах, студенческих конкурсах.

66-85 баллов выставляется поступающему в аспирантуру за правильные и достаточно полные ответы на вопросы экзаменационного билета, которые не содержат грубых ошибок и неточностей в трактовке основных понятий и категорий, но в процессе ответа возникли определенные затруднения при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Экзаменуемый показывает достаточный уровень знаний в пределах основного материала; усвоил литературу, рекомендованную в программе; способен объяснить взаимосвязь основных понятий при дополнительных вопросах экзаменатора. Допускает несущественные погрешности в ответах. В ходе собеседования устанавливается высокая степень подготовленности поступающего в аспирантуру к проведению самостоятельных научных исследований по выбранной научной специальности и мотивированности к подготовке кандидатской диссертации в

период освоения программы аспирантуры и ее защите.

50-65 баллов выставляется поступающему в аспирантуру при недостаточно полном и обоснованном ответе на вопросы экзаменационного билета и при возникновении серьезных затруднений при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Экзаменуемый показывает знания основного материала в минимальном объеме, знаком с литературой, рекомендованной программой. Допускает существенные погрешности в ответах, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством экзаменатора. В ходе собеседования устанавливается низкая степень подготовленности поступающего в аспирантуру к проведению самостоятельных научных исследований (в том числе на основании анализа представленных индивидуальных достижений) по выбранной научной специальности; мотивация к подготовке кандидатской диссертации в период освоения программы аспирантуры низкая или совсем отсутствует

0-49 баллов выставляется в случае отсутствия необходимых для ответа на вопросы экзаменационного билета теоретических и практических знаний. Экзаменуемый показывает пробелы в знаниях основного материала, допускает принципиальные ошибки в ответах, не знаком с рекомендованной литературой, не может исправить допущенные ошибки самостоятельно.

Основная и дополнительная литература

Основная литература

По разделу I

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. В 5 т. Том I. Механика. М.: Физматлит». 2010. 560 с.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. В 5 т. Том II. Термодинамика и молекулярная физика. М.: Физматлит. 2011. 543 с.
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики. В 5 т. Том III. Электричество. М.: Физматлит. 2004. 654 с.
4. Сивухин Д.В. Общий курс физики. В 5 т. Том IV. Оптика. М.: Физматлит. 2004. 792 с.
5. Сивухин Д.В. Общий курс физики. В 5 т. Том V. Атомная и ядерная физика. М.: Физматлит. 2008. 782 с.
6. Матвеев А.Н. Курс общей физики. В 5 т. Том 1. Механика. СПб.: Лань. 2022. 340 с.
7. Матвеев А.Н. Курс общей физики. В 5 т. Том 2. Электричество и магнетизм. СПб.: Лань. 2022. 343 с.

8. Матвеев А.Н. Курс общей физики. В 5 т. Том 3. Молекулярная физика и термодинамика. СПб.: Лань. 2022. 224 с.
9. Матвеев А.Н. Курс общей физики. В 5 т. Том 4. Волны. Оптика. СПб.: Лань. 2022. 253 с.
10. Матвеев А.Н. Курс общей физики. В 5 т. Том 5. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. СПб.: Лань. 2022. 369 с.
11. Иродов И.Е. Механика. Основные законы. М.: Лаборатория знаний. 2021. 312 с.
12. Иродов И.Е. Физика макросистем. Основные законы. М.: Лаборатория знаний. 2019. 207 с.
13. Иродов И.Е. Электромагнетизм. Основные законы. М.: Лаборатория знаний. 2025. 319 с.
14. Иродов И.Е. Волновые процессы. Основные законы. М.: Лаборатория знаний. 2015. 263 с.
15. Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы. М.: Лаборатория знаний. 2021. 256 с.
16. Савельев И.В. Курс общей физики. В 3 т. Т. I. Механика. Молекулярная физика и термодинамика. М.: Кнорус. 2012. 521 с.
17. Савельев И.В. Курс общей физики. В 3 т. Т. II. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. М.: Кнорус. 2012. 570 с.
18. Савельев И.В. Курс общей физики. В 3 т. Т. III. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. М.: Кнорус. 2012. 359 с.

По разделу II

1. Г.С. Кринчик. Физика магнитных явлений. М.: Изд. Мос. Универ. 1976.
2. Тикадзуми С. Физика ферромагнетизма. Магнитные свойства вещества/С.Тикадзуми; пер. с япон //М.: Изд-во «Мир». – 1983.
3. С.В. Вонсовский. Магнетизм. – М.: Наука, 1984.
4. Ч. Киттель. Введение в физику твердого тела. – М.: Наука, 1978.
5. Боровик Е. С., Еременко В. В., Мильнер А. С. Лекции по магнетизму. – 2005.

Дополнительная литература

1. Н. Ашкрофт, Н. Мермин. Физика твердого тела. В 2-х томах. Мир, 1979г.
2. Тикадзуми С. Магнитные характеристики и практическое применение. – 1987.