

**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**

 **2025г.**

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

«Физика конденсированного состояния»

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

1.3.8 «Физика конденсированного состояния»

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 конденсированного состояния» 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 конденсированного состояния» 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

Физика атомного ядра и элементарных частиц.

Состав и характеристики атомного ядра. Масса и энергия связи. Модели атомного ядра. Ядерные силы. Радиоактивность. Законы радиоактивного распада. Ядерные реакции. Методы регистрации элементарных частиц. Классификация элементарных частиц. Электрослабое взаимодействие. Кварки, глюоны, цветное взаимодействие, Единая теория материи. Физическая теория эволюции Вселенной.

Термодинамика фаз и фазовые превращения. явления переноса.

Физическая кинетика. Явления переноса: диффузия, вязкость и теплопроводность. Особенности явлений переноса в жидкостях и твердых телах. Фазы и фазовые превращения. Условия равновесия фаз. Фазовые диаграммы. Изотермы Ван-дер-Ваальса. Фазовые переходы первого рода. Критическое состояние. Фазовые переходы второго рода. Поверхностные и капиллярные явления.

Физика конденсированного состояния.

Простые и сложные кристаллические решетки. Прямая и обратная решетки кристалла. Зоны Бриллюэна. Теплоемкость кристаллов по Эйнштейну. Колебания и волны в простой решетке. Нормальные координаты, Распределение Бозе-Эйнштейна, фононы. Тепловые свойства решетки. Теория Дебая. Теплоемкость, тепловое расширение и теплопроводность, параметр Грюнайзена. Электрон в периодическом поле. Теорема Блоха. Приближение почти свободных и сильно связанных электронов. Распределение Ферми-Дирака. Энергетические зоны электронов в кристалле. Диэлектрики, металлы и полупроводники. Статистическое равновесие свободных электронов в металлах и полупроводниках. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Концепция квазичастиц. Ферми-жидкость. Теплоемкость свободных электронов в металлах и полупроводниках. Примесная и собственная проводимость полупроводников. Квазиэлектроны и дырки. Гетеропереходы. Проводимость и теплопроводность. Концепция длины свободного пробега. Процессы рассеяния. Рассеяние на примесях. Рассеяние на фононах. Процессы переброса. Гальваномагнитные свойства. Эффект Холла в слабом и сильном магнитных полях. Термомагнитные и термоэлектрические явления. Термоэдс. Эффект Пельтье. Эффект Томсона. Дисперсия и поглощение света кристаллами. Оптические свойства металлов и полупроводников. Межзонные переходы. Поглощение света свободными носителями. Намагниченность и восприимчивость. Восприимчивость металлов. Парамагнетизм Паули. Диамагнетизм Ландау. Эффект Де Газа - Ван Альфвена и Шубникова - Де Газа. Измерение парамагнитной восприимчивости Паули методом ЯМР. Магнитные свойства двухэлектронной системы. Синглетные и триплетные состояния. Спиновый Гамильтониан, и модель Гейзенберга. Типы магнитных структур. Основное состояние Гейзенберговского ферромагнетика. Основное состояние Гейзенберговского антиферромагнетика. Спиновые волны. Сверхпроводники. Сверхпроводники первого и второго рода. Длина когерентности и глубина проникновения. Термодинамическое критическое поле. Верхнее и нижнее критические поля. Структура Абрикосовских вихрей. Структура аморфных твердых тел. Стёкла. Межатомное взаимодействие и классификация твердых тел. Упругие и теплофизические свойства твердых тел. Жидкости. Структура и свойства жидкостей. Поверхностные явления.

4 Примерный перечень вопросов

- 1 Пространство и время. Кинематика материальной точки. Преобразования Галилея. Динамика материальной точки.
- 2 Законы сохранения.
- 3 Основы специальной теории относительности. Неинерциальные системы отсчета.
- 4 Кинематика абсолютно твердого тела.
- 5 Динамика абсолютно твердого тела.

- 6 Колебательное движение.
- 7 Деформации и напряжения в твердых телах.
- 8 Механика жидкостей и газов.
- 9 Волны в сплошной среде и элементы акустики.
- 10 Идеальный газ. Понятие температуры. Распределение молекул газа по скоростям.
- 11 Идеальный газ во внешнем потенциальном поле. Броуновское движение.
- 12 Термодинамический подход к описанию молекулярных явлений.
- 13 Первое начало термодинамики. Циклические процессы.
- 14 Второе начало термодинамики. Понятие энтропии термодинамической системы.
- 15 Реальные газы и жидкости.
- 16 Твердые тела.
- 17 Фазовые переходы первого и второго рода.
- 18 Явления переноса.
- 19 Электростатика. Проводники в электростатическом поле.
- 20 Диэлектрики в электростатическом поле.
- 21 Постоянный электрический ток. Механизмы электропроводности.
- 22 Контактные явления.
- 23 Магнетики.
- 24 Объяснение диамагнетизма.
- 25 Объяснение парамагнетизма по Ланжевону.
- 26 Ферромагнетики и их основные свойства.
- 27 Электромагнитная индукция.
- 28 Энергия магнитного поля.
- 29 Электромагнитные колебания.
- 30 Переменный ток. Технические применения переменного тока.
- 31 Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной форме.
- 32 Излучение электромагнитных волн. Основы электромагнитной теории света.
- 33 Модулированные волны. Явление интерференции. Когерентность волн. Явление дифракции.
- 34 Понятие о теории дифракции Кирхгофа.
- 35 Дифракция и спектральный анализ.
- 36 Дифракция волновых пучков. Дифракция на многомерных структурах.
- 37 Поляризация света. Отражение и преломление света на границе раздела изотропных диэлектриков.
- 38 Световые волны в анизотропных средах.
- 39 Интерференция поляризованных волн. Дисперсия света.
- 40 Основы оптики металлов.
- 41 Нелинейные оптические явления.
- 42 Классические модели излучения разреженных сред.
- 43 Основные представления о квантовой теории излучения света атомами и молекулами.

- 44 Краевые дислокации. Винтовые дислокации. Общие свойства дислокаций.
- 45 Энергия дислокаций.
- 46 Движение дислокаций: переползание и скольжение. Пластическая деформация.
- 47 Подвижность и размножение дислокаций. Взаимодействие дислокаций.
- 48 Микромир. Волны и кванты. Частицы и волны.
- 49 Основные экспериментальные данные о строении атома. Основы квантовомеханических представлений о строении атома.
- 50 Одноэлектронный атом. Многоэлектронные атомы.
- 51 Электромагнитные переходы в атомах. Рентгеновские спектры.
- 52 Атом в поле внешних сил. Молекула. Макроскопические квантовые явления.
- 53 Статистические распределения Ферми — Дирака и Бозе-Эйнштейна. Энергия Ферми.
- 54 Сверхпроводимость и сверхтекучесть и их квантовая природа.
- 55 Свойства атомных ядер. Радиоактивность.
- 56 Спин электрона. Момент количества движения.
- 57 Принцип запрета Паули. Энергетические уровни атома лития.
- 58 Периодическая система элементов.
- 59 Зонная структура полупроводников.
- 60 Примесные электронные состояния в полупроводниках.
- 61 Энергия Ферми в полупроводниках.
- 62 Уровень Ферми в примесных полупроводниках.
- 63 Диэлектрическая восприимчивость газов.
- 64 Наведенная поляризация. Ионная поляризация.
- 65 Ориентационная поляризация. Смешанная поляризация.
- 66 Диэлектрическая восприимчивость жидкостей и твердых тел.
- 67 Эффективное поле и наведенная поляризация.
- 68 Поляризация ионных кристаллов. Ориентация диполей.
- 69 Электрострикция и пьезоэлектричество. Сегнетоэлектричество.

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. Абрикосов, А. А. Основы теории металлов: учебное пособие / А. А. Абрикосов. — 2-е изд. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 600 с.
2. Ансельм, А. И. Введение в теорию полупроводников: учебное пособие / А. И. Ансельм. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 624 с.
3. Брандт, Н. Б. Квазичастицы в физике конденсированного состояния: учебное пособие / Н. Б. Брандт, В. А. Кульбачинский. — 3-е изд. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 632 с.
4. Епифанов, Г. И. Физика твердого тела: учебное пособие / Г. И. Епифанов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 288 с.
5. Капитонов, И. М. Введение в физику ядра и частиц: учебник / И. М. Капитонов. — 4-е изд. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 512 с.
6. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Квантовая механика. Нерелятивистская теория, Москва: Наука 2006.
7. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Статистическая физика. Москва: Наука 2006.
8. Ландсберг, Г. С. Оптика: учебное пособие / Г. С. Ландсберг. — 7-е изд., стереот. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2021. — 852 с.
9. Матухин, В. Л. Физика твердого тела: учебное пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 224 с.
10. Основы физики конденсированного состояния: [учебное пособие] / Ю. В. Петров. — Долгопрудный: Интеллект, 2013.— 213 с.
11. Сивухин, Д. В. Общий курс физики: учебное пособие: в 5 томах / Д. В. Сивухин. — 6-е изд., стереот. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2021 — Том 2: Термодинамика и молекулярная физика — 2021. — 544 с.
12. Сивухин, Д. В. Общий курс физики: учебное пособие: в 5 томах / Д. В. Сивухин. — 3-е изд., стереот. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2020 — Том 5: Атомная и ядерная физика — 2020. — 784 с.
13. Сивухин, Д.В. Общий курс физики: учебное пособие / Д.В. Сивухин. — 6-е изд., стер. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. — Том 1: Механика — 2020. — 560 с.
14. Сивухин, Д.В. Общий курс физики: учебное пособие / Д.В. Сивухин. — 5-е изд., стер. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. — Том 3: Электричество — 2009. — 656 с.
15. Сивухин, Д.В. Общий курс физики: учебное пособие / Д.В. Сивухин. — 3-е изд., стер. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. — Том 4: Оптика — 2002. — 792 с.
16. Стрекалов, Ю. А. Физика твердого тела: Учебное пособие / Ю.А. Стрекалов, Н.А. Тенякова. - Москва: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 307 с.

17. Шпольский, Э. В. Атомная физика: учебник: в 2 томах / Э. В. Шпольский. — 8-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021 — Том 1: Введение в атомную физику — 2021. — 560 с.
18. Шпольский, Э. В. Атомная физика: учебник: в 2 томах / Э. В. Шпольский. — 6-е изд, стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021 — Том 2: Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома — 2021. — 448 с.

Согласовано:

Заведующий кафедрой
фундаментальных дисциплин
и методологии науки



О.В. Александрова

Заведующий аспирантурой



Е.В. Нефедова

Декан факультета подготовки кадров



А.Н. Кокорин