

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский
государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Декан _____ Малышев А.И.
«___» _____ 2022 г.

**Программа вступительного испытания в аспирантуру
по специальной дисциплине**

Научная специальность:

1.3.8 – ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Нижний Новгород
2022 год

1. Структура вступительного испытания

Вступительное испытание по специальной дисциплине состоит из двух частей: экзамена по специальной дисциплине (оценивается по 10-балльной шкале) и собеседования по тематике предполагаемого диссертационного исследования (оценивается по 10-балльной шкале).

Программа вступительного испытания сформирована на основе ФГОС ВО магистратуры и/или специалитета по соответствующим направлениям/специальностям.

2. Процедура проведения вступительного испытания

Экзамен по специальной дисциплине принимается устно по билетам. Каждый билет содержит 2 вопроса.

Собеседование по тематике предполагаемого диссертационного исследования проводится на основе подготовленного поступающим реферата.

3. Содержание вступительного испытания

3.1. Содержание экзамена по специальной дисциплине

Вопросы к экзамену:

1. Электронная структура атомов. Химическая связь и валентность. Типы химических связей: ван-дер-ваальсова; ионная; ковалентная; металлическая; водородная.
2. Химическая связь и ближний порядок. Структура вещества с ненаправленным взаимодействием. Примеры кристаллических структур, отвечающих плотным упаковкам шаров: простая кубическая, ОЦК, ГЦК, ГПУ.
3. Основные свойства ковалентной связи. Структура веществ с ковалентными связями. Структура веществ типа селена. Гибридизация атомных орбиталей в молекулах и кристаллах. Структура типа алмаза и графита.
4. Кристаллические и аморфные твердые тела. Трансляционная инвариантность. Базис и кристаллическая структура, элементарная ячейка. Ячейка Вигнера-Зейтца. Решетки Браве. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Обратная решетка кристалла, ее свойства. Зона Бриллюэна.
5. Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции, плоскости скольжения и винтовые оси. Операции (преобразования) симметрии.
6. Элементы теории групп, группы симметрии. Возможные порядки поворотных осей симметрии в кристалле. Пространственные и точечные группы симметрии. Симморфные и несимморфные группы симметрии. Классификация решеток Браве.
7. Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и междоузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки.
8. Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Поля деформаций и напряжений от дислокаций. Энергия дислокаций. Силы, действующие на дислокации. Роль дислокаций в пластической деформации кристаллов. Скольжение и переползание дислокаций. Пластическая деформация как результат движения дислокаций.
9. Структура и свойства межкристаллитных границ. Рекристаллизация как процесс зарождения и миграции межкристаллитных границ. Роль границ зёрен в деформации и разрушении кристаллических твёрдых тел.
10. Кристаллогеометрические характеристики и классификация дисклинаций. Дисклинационные диполи и петли. Поля напряжений от дисклинаций. Упругая энергия дисклинаций. Частичные дисклинации.
11. Диффузия в металлах и сплавах. Само- и гетеродиффузия. Энергия активации диффузии и ее физический смысл. Механизмы объемной диффузии с участием точечных дефектов. Основные закономерности объемной диффузии. Закон Фика. Влияние различных факторов на интенсивность процессов диффузии.

12. Эффекты Френкеля и Киркендалла. Механизмы и основные закономерности. Основные уравнения, описывающие эффект Киркендалла. Связь эффекта Френкеля с эффектом Киркендалла.
13. Распространение волн в кристаллах. Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле. Упругое и неупругое рассеяние, их особенности.
14. Уравнение Вульфа-Брегга. Атомный фактор и структурная амплитуда.
15. Колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов. Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания.
16. Нормальные колебания кристаллической решетки. Квантование колебаний. Фононы.
1. 17. Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Электронная теплоемкость. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости.
17. Классическая теория теплоемкости. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы в классической физике. Границы справедливости классической теории.
18. Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая.
19. Тепловое расширение твердых тел. Его физическое происхождение. Ангармонические колебания атомов кристаллической решетки.
20. Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана-Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности.
21. Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Проводимость, эффект Холла, термо-ЭДС, фотопроводимость, оптическое поглощение. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде.
22. Основные приближения зонной теории. Граничные условия Борна-Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны.
23. Приближение сильносвязанных электронов. Связь ширины разрешенной зоны с перекрытием волновых функций атомов. Закон дисперсии. Тензор обратных эффективных масс.
24. Приближение почти свободных (слабосвязанных) электронов. Брэгговские отражения электронов.
25. Заполнение энергетических зон электронами. Диэлектрики и полупроводники. Металлы. Полуметаллы. Поверхность Ферми. Плотность состояний.
26. Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри-Вейсса. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости.
27. Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика.
28. Ферромагнитные домены. Причины появления доменов. Доменные границы (Блоха, Нееля).
29. Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков.
30. Движение магнитного момента в постоянном и переменном магнитных полях. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.
31. Диэлектрическая функция вещества. Коэффициенты поглощения, преломления и отражения. Соотношения Крамерса-Кронига.
32. Поглощение света в полупроводниках (межзонное, примесное поглощение, поглощение свободными носителями, решеткой). Определение основных характеристик полупроводника из оптических исследований.
33. Магнитооптические эффекты (эффекты Фарадея, Фохта и Керра).
34. Проникновение высокочастотного поля в проводник. Нормальный скин-эффект. Толщина скин-слоя.

35. Сверхпроводимость. Критическая температура. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Мейснера. Критическое поле и критический ток.
36. Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Глубина проникновения магнитного поля в образец.
37. Эффект Джозефсона.
38. Куперовское спаривание. Длина когерентности. Энергетическая щель.
39. Статистические методы обработки экспериментальных данных. Метод максимального подобия.
40. Корреляционные и спектральные свойства сигналов и шумов, регистрируемых в физических экспериментах.
41. Цифровая обработка экспериментальных данных. Дискретизация сигналов. Понятие системы цифровой обработки сигналов.

3.2. Требования к реферату по специальной дисциплине

Реферат по специальной дисциплине должен показать исследовательский потенциал абитуриента, его подготовленность к выполнению научно-исследовательской программы аспирантуры.

Объем реферата не должен превышать 10 страниц машинописного текста через 1,5 интервала, шрифт Times New Roman, номер 14; размеры полей: верхнее и нижнее – 2 см, левое – 3 см, правое – 1,0 см, выравнивание по ширине.

Реферат должен содержать краткий обзор литературы (состояние вопроса) по предмету исследования, формулировку и обоснование проблемы: ее актуальность, фундаментальные и прикладные аспекты, степень разработанности.

В текст реферата могут быть включены схемы, таблицы, рисунки, приложения.

Структура реферата:

- титульный лист (см. Приложение);
- введение (актуальность, цель, задачи, методы исследования);
- проблемы исследования, ожидаемые результаты;
- заключение (выводы);
- список литературы;
- список опубликованных и направленных в печать статей и материалов (при наличии).

В реферате автор должен показать знание текущего состояния исследований в выбранной научной области, умение анализировать литературные источники, делать выводы о перспективах предполагаемого исследования.

Реферат представляется в экзаменационную комиссию в сроки и по адресам, указанным в расписании вступительных испытаний, опубликованном на сайте <http://priem-phd.unn.ru/>.

4 Описание шкал оценивания

Экзамен по специальной дисциплине оценивается по 10-балльной шкале.

Собеседование по тематике предполагаемого диссертационного исследования на основе подготовленного поступающим реферата оценивается по 10-балльной шкале.

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение каждой части вступительного испытания, устанавливается равным 6 баллам. Результирующая оценка за вступительное испытание по специальной дисциплине складывается из оценки за экзамен по специальной дисциплине и оценки за собеседование по тематике предполагаемого диссертационного исследования на основе подготовленного поступающим реферата.

Шкала оценивания экзамена по специальной дисциплине

Оценка, баллы	Уровень подготовленности, характеризуемый оценкой
1	Нет ответа.
2	Нет понимания предмета.
3	Отсутствие правильной формулировки ответа на вопрос даже с помощью преподавателя.
4	Ответ с 3-мя и более грубыми ошибками, много неточностей, знания несистематические. Отсутствие правильной формулировки ответа на вопрос.
5	Ответ с 2-мя грубыми ошибками, много неточностей, знания несистематические. Отсутствие правильной формулировки ответа на вопрос даже с помощью преподавателя.
6	В целом положительный ответ с 3-4 незначительными ошибками. Умение с помощью преподавателя схематично, но правильно сформулировать ответ на поставленный вопрос.
7	В целом хороший ответ с несколькими незначительными ошибками, умение сопоставить теоретические знания. Умение правильно сформулировать ответ на поставленный вопрос. Владение информацией как минимум из одного источника основной литературы.
8	В целом полный ответ, демонстрирующий уверенные знания, с некоторыми неточностями, умение сопоставить теоретические знания. Свободное владение информацией из нескольких источников основной литературы.
9	Полный развернутый ответ, демонстрирующий системные знания, умение сопоставить теоретические знания, свободное владение информацией из нескольких источников основной и дополнительной литературы.
10	Полный развернутый ответ, демонстрирующий системные знания, умение сопоставить теоретические знания, свободное владение информацией из нескольких источников основной и дополнительной литературы. Иллюстрация ответа дополнительными примерами из собственных наблюдений и дополнительных источников информации.

Шкала оценивания собеседования на основе реферата

Оценка, баллы	Уровень подготовленности, характеризуемый оценкой
1	Содержание не соответствует теме реферата, материал не систематизирован и не структурирован, основные понятия проблемы не раскрыты; в постановке проблемы нет самостоятельности; в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы не продемонстрировано умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения по рассматриваемому вопросу, аргументировать основные положения и выводы; неправильно оформлены ссылки на литературу; отсутствует культура изложения и оформления текста реферата
2	Содержание не соответствует теме реферата, материал плохо систематизирован и структурирован, основные понятия проблемы не раскрыты; в постановке проблемы нет самостоятельности; в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы не продемонстрировано умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения по рассматриваемому вопросу, аргументировать основные положения и выводы; неправильно оформлены ссылки на литературу; отсутствует культура изложения и оформления текста реферата
3	Содержание не соответствует теме реферата, материал систематизирован и структурирован с недочетами, основные понятия проблемы раскрыты не полностью; в постановке проблемы отсутствует самостоятельность; правильно оформлены

	ссылки на литературу; отсутствует культура изложения и оформления текста реферата
4	Содержание соответствует теме реферата, но основные понятия проблемы не раскрыты; в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы не продемонстрировано умение обобщать, нет ссылок на литературу; отсутствует культура изложения и оформления текста реферата
5	Содержание соответствует теме реферата, но основные понятия проблемы не раскрыты; в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы не продемонстрировано умение обобщать, небрежно оформлены ссылки на литературу; отсутствует культура изложения и оформления текста реферата
6	Содержание соответствует теме реферата, материал систематизирован и структурирован, основные понятия проблемы раскрыты; правильно оформлены ссылки на литературу; отсутствует культура изложения и оформления текста реферата
7	Содержание соответствует теме реферата, материал систематизирован и структурирован, основные понятия проблемы раскрыты; правильно оформлены ссылки на литературу; продемонстрирована культура изложения и оформления текста реферата
8	Содержание соответствует теме реферата, материал систематизирован и структурирован, основные понятия проблемы раскрыты; в постановке проблемы присутствует новизна; правильно оформлены ссылки на литературу; продемонстрирована культура изложения и оформления текста реферата
9	Содержание соответствует теме реферата, материал систематизирован и структурирован, основные понятия проблемы раскрыты полностью и глубоко; в постановке проблемы присутствует новизна; в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы продемонстрировано умение обобщать, аргументировать основные положения и выводы; правильно оформлены ссылки на литературу; продемонстрирована культура изложения и оформления текста реферата
10	Содержание соответствует теме реферата, материал систематизирован и структурирован, основные понятия проблемы раскрыты полностью и глубоко; в постановке проблемы присутствует новизна и самостоятельность; в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы продемонстрировано умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения по рассматриваемому вопросу, аргументировать основные положения и выводы; правильно оформлены ссылки на литературу; продемонстрирована культура изложения и оформления текста реферата

5. Источники для подготовки к экзамену

а) основная литература:

1. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела – М.: Высшая школа, 2000, 494 с.
2. Ашкрофт Н., Мермин Н., Физика твердого тела (в двух томах). М.: Мир. 1979. 824 с.
3. Харрисон У., Теория твердого тела. М.: Мир. 1972, 616 с.
4. Займан Дж., Принципы теории твердого тела. М.: Мир. 1974, 472 с.
5. Анималу А., Квантовая теория кристаллических твердых тел. М.: Мир. 1981, 574 с.
6. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников. М.: Наука. 1978. 616 с.
7. Орлов А.Н. Введение в теорию дефектов кристалла. М. Высшая школа, 1983. 150 с.
8. Чупрунов Е.В., Хохлов А.Ф., Фаддеев М.А. Основы кристаллографии: Учебник для вузов. — М.: Изд-во Физ.-мат. лит., 2004. 500 с.
9. Уманский Я.С. и др. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. М.: Металлургия, 1982, 632 с.
10. Порай-Кошиц М.А. Основы структурного анализа химических соединений. М.: Высшая школа. 1989, 192 с.

б) дополнительная литература:

1. Физика твердого тела. Лабораторный практикум. Том 1. Методы получения твердых тел и исследования их структуры / под ред. А.Ф. Хохлова – М.: Высшая школа, 2001, 368 с.
2. Физика твердого тела. Лабораторный практикум. Том 2. Физические свойства твердых тел / под ред. А.Ф. Хохлова – М.: Высшая школа, 2001, 484 с.
3. Физическое металловедение в 3 т. / Под ред. Р.У. Кана, П. Хаазена, пер. с англ. под ред. О.В. Абрамова, 3-е изд. перераб и доп. – М.: Металлургия, 1987
4. Орлов А.Н., Перевезенцев В.Н., Рыбин В.В. Границы зерен в металлах. М. Металлургия, 1980. 154 с.
5. Фрост Г. Дж., Эшби М.Ф. Карты механизмов деформации. Челябинск: Металлургия, 1989. – 328 с.

в) интернет - ресурсы:

1. <https://www.elibrary.ru/> [Портал Российской научной электронной библиотеки]
2. <https://www.sciencedirect.com/> [Портал издательства Elsevier]
3. <https://www.springer.com/gp> [Портал издательства Springer]
4. <https://onlinelibrary.wiley.com/> [Портал издательства Wiley]
5. <https://www.tandfonline.com/> [Портал издательства Taylor & Francis]
6. <https://iopscience.iop.org/journalList> [Портал издательства IOP]
7. <https://www.nature.com/> [Портал издательства Nature]
8. <https://ufn.ru/> [Интернет-сайт журнала Успехи физических наук]
9. <http://journals.ioffe.ru/journals/1> [Журнальный портал ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН]
10. <https://sciencejournals.ru/> [Интернет-сайт ИКИЦ «Академкнига»]
11. <http://www.jetp.ras.ru/> [Интернет-сайт Журнала экспериментальной и теоретической физики]
12. <https://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> [Библиотека РФФИ]
13. <https://e.lanbook.com/> [Электронно-библиотечная система ЛАНЬ]
14. <http://www.lib.unn.ru/> [Фундаментальная библиотека ННГУ]

Составители:

_____ / Нохрин А.В. /

_____ / Бурдов В.А. /

_____ / Зайцева Е.В. /

Программа одобрена на заседании методической комиссии физического факультета (дата 22.12.2021, протокол № 19).

Председатель методической комиссии _____ / Перов А.А. /

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский
государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Реферат по специальной дисциплине

Научная специальность:

1.3.8 – Физика конденсированного состояния

Тема:_____

Выполнил:

_____ Фамилия И.О.

Нижний Новгород

202____