



ПРОГРАММА-МИНИМУМ
кандидатского экзамена по специальности
1.3.8 «Физика конденсированного состояния»

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: Физика конденсированного состояния, Спектроскопия лазерных кристаллов, Физика и техника полупроводников, а также программы соответствующих курсов лекций, читаемых на физических, физико-технических и физико-математических факультетах университетов.

«Физика конденсированного состояния» является основной дисциплиной аспирантуры направления 03.06.01 – Физика и астрономия. Изучение дисциплины в физике конденсированного состояния базируется на знаниях аспирантов, полученных ранее при изучении дисциплин, входящих в цикл общей и теоретической физики.

Перечень тем для подготовки к кандидатскому экзамену

Тема 1. Основные положения физики конденсированного состояния

Введение. Структура твердых тел. Кристаллы и аморфные вещества. Трансляционная симметрия кристаллов. Решетка Бравэ. Кристаллографические системы координат. Функции, описывающие физические величины в кристалле. Обратная решетка. Зона Бриллюэна, индексы Миллера. Понятие о рентгеноструктурном анализе. Теорема Блоха, приведение к зоне Бриллюэна. Подсчет числа состояний в зоне Бриллюэна.

Тема 2. Взаимодействие между атомами в конденсированной среде.

Межатомное взаимодействие и основные типы связей в конденсированных средах. Энергетические характеристики химической активности атомов (потенциал ионизации, энергия химического сродства, электроотрицательность). Общая характеристика сил межатомного взаимодействия. Элементарная теория химических сил связи в атомах и молекулах. Ионные, ковалентные и молекулярные кристаллы, металлы. Водородная связь. Потенциальная энергия взаимодействия атомов в конденсированной среде. Энергия связи атомов в твердом теле и ее оценка для различных типов связей. Постоянная Маделунга.

Тема 3. Колебания кристаллической решетки.

Колебания кристаллической решетки. Типы колебаний. Продольная волна в однородном стержне. Колебания линейного моноатомного кристалла. Линейный кристалл с двумя атомами в элементарной ячейке.

Тема 4. Тепловые свойства кристаллов.

Модель Эйнштейна, модель Дебая. Тепловое расширение твердых тел. Эксперимент Каплянскогo.

Тема 5. Электронные свойства твердых тел



Электронные свойства твердых тел. Свободные электроны. Энергия Ферми. Теплоемкость электронного газа. Электропроводность металлов. Магнетизм электронного газа. Модель почти свободных электронов. Модель сильно связанных электронов. Примеси в кристалле.

Тема 6. Диэлектрические свойства твердых тел.

Электронная поляризация. Упругая ионная поляризация. Ориентационная поляризация. Тепловая ионная поляризация.

Тема 7. Сегнетоэлектрики. Антисегнетоэлектрики. Понятие о фазовых переходах второго рода.

Тема 8. Магнитные свойства твердых тел. Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферро- и антиферромагнетизм. Теплоемкость магнетиков. Температура Кюри.

Тема 9. Оптические свойства конденсированных сред

Оптические свойства диэлектрических кристаллов. Зонная структура.

Тема 10. Электроны и дырки. Донорные и акцепторные уровни. Уровень Ферми в примесном полупроводнике. Проводимость полупроводников. Эффект Холла. Прямые и непрямые оптические переходы в полупроводниках. Полупроводниковые лазеры.

Тема 11. Сверхпроводимость. Уравнение Лондонов, эффект Мейсснера. Уравнение Гинзбурга-Ландау. Микроскопическая теория сверхпроводимости. Высокотемпературная сверхпроводимость.

Тема 12. Локализованные состояния в конденсированных средах. Термостимулированная поляризация и деполяризация. Точечные дефекты в твердых телах: дефекты Шоттки и Френкеля. Диффузия. Центры окраски. Дислокации, описание дислокаций.

Вопросы для подготовки к сдаче кандидатского экзамена

1. Особенности структуры основных видов конденсированных сред: кристаллических твердых тел, полимеров, жидких кристаллов, аморфных твердых тел, стекол, жидкостей.

2. Энергия связи в твердых телах.

3. Молекулярные кристаллы, ионная связь,

4. Ковалентная связь.

5. Металлическая связь, кристаллы с водородной связью.

6. Пространственная решетка кристаллов, ее свойства: решетка Бравэ, ее базис.

7. Трансляционная симметрия и симметрия направлений, типы решеток, ячейка Вигнера-Зейтца.

8. Обратная решетка кристаллов, первая зона Бриллюэна.

9. Дифракция и интерференция волн в кристаллах. Условие дифракции Вульфа-Брэгга в прямой и обратной решетках.



10. “Приведенный” волновой вектор, квазиимпульс; общие свойства стационарных состояний.
11. Акустические фононы.
12. Оптические фононы.
13. Взаимодействие фононов.
14. Электрон в периодическом поле: одномерная задача, модель Кронига-Пенни; трехмерная задача, решение уравнения Шредингера,
15. Зоны дозированной энергии, ее периодичность, функции Блоха, пакет блоховских функций, его групповая скорость.
16. Эффективная масса, тензор обратной эффективной массы, его связь с изоэнергетической поверхностью, эффективный гамильтониан, квантовые уравнения движения.
17. Локализованные состояния: решение уравнения Шредингера.
18. Приближенные методы вычисления одноэлектронных состояний: метод эффективной массы.
19. Приближенные методы вычисления одноэлектронных состояний.
20. Вторичное квантование системы электронов: представление чисел заполнения для фермионов, переход от координатного представления, операторные функции, одночастичный и двухчастичный операторы.
21. Дырочное представление, описание процессов рождения и аннигиляции пары квазичастиц электрон-дырка.
22. Классификация твердых тел на основе энергетического спектра их одноэлектронных состояний: металл, диэлектрик, полупроводник, примесные полупроводники, полуметаллы.
23. Плотность одноэлектронных состояний в шкале энергий.
24. Статистика электронов в твердом теле: функция распределения Ферми.
25. Собственные значения и собственные функции гамильтониана частицы в магнитном поле (теория Ландау).
26. Метод потенциала деформаций для кристаллов с ковалентной связью.
27. Кинетические свойства диэлектриков, металлов и полупроводников.
28. Экситоны Френкеля и Ванье.
29. Взаимодействие света с кристаллической решеткой, поляритоны.
30. Оптические свойства диэлектриков, металлов и полупроводников.
31. Поверхностные состояния электронов.
32. Диамагнетизм и парамагнетизм твердых тел.
33. Ферромагнетизм. Обменное взаимодействие и его роль в возникновении ферромагнетизма.
34. Антиферромагнетизм и ферримагнетизм.
35. Кривая намагничивания. Ферромагнитные домены.
36. Магнитный резонанс.



37. Влияние дефектов кристаллической решетки на свойства твердых тел.
38. Физические свойства аморфных твердых

Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Петров, Ю.В. Основы физики конденсированного состояния: [учебное пособие] /Ю. В. Петров -Долгопрудный: Интеллект, 2013. – 213 с.
2. Морозов, А.И. Элементы современной физики твердого тела: [учебное пособие] / А.И. Морозов. - Долгопрудный: Интеллект, 2015. – 213 с.
3. Салех, Бахаа Е.А., Оптика и фотоника. Принципы и применения: [учебное пособие: в 2 т.]. Т. 1 / Б. Салех, М. Тейх; пер. с англ. В.Л. Дербова. - Долгопрудный: Интеллект, 2012. - 759 с.
4. Салех, Бахаа Е.А. Оптика и фотоника. Принципы и применения: [учебное пособие: в 2 т.] Т. 2 /Б. Салех, М. Тейх; пер. с англ. В.Л. Дербова - Долгопрудный: Интеллект, 2012. – 780 с.

Дополнительная литература

1. Физика конденсированного состояния: лабораторный практикум / Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет»; авт.-сост. А.В. Штаб, Л.П. Арефьева. - Ставрополь: СКФУ, 2016. - 124 с.: ил. - Библиогр.: с. 117-118.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459029>.
2. Гольдаде, В.А. Физика конденсированного состояния: пособие / В.А. Гольдаде, Л.С. Пинчук; под ред. Н.К. Мышкина. - Минск: Белорусская наука, 2009. - 648 с.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=93309>.
3. Байков, Ю.А. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Ю.А. Байков, В.М. Кузнецов. — Электрон. дан. — Москва: Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 296 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/70766>.
4. Исаев В. А. Физические основы рентгенографии и спектроскопии, их практическое применение (учебно-методическое пособие) Краснодар, Кубанский гос. ун-т, 2020. 117 с.
5. Исаев В. А. Структура и свойства кристаллических материалов (учебное пособие) Краснодар, КубГУ, 2019. 121 с.

Перечень ресурсов сети «Интернет»



1920

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет».

1. Сайты справочных правовых систем: www.garant.ru; www.consultant.ru
2. Программный комплекс «ТОПОС».
3. Программы статистической обработки данных.