



## **МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Дагестанский государственный университет»

### **ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Утверждена  
на Ученом совете ФГБОУ ВО  
«Дагестанский государственный  
университет»

прот. № 1 от 29.09 2016 г.

Ректор университета



Рабаданов М.Х.

**ПРОГРАММА - МИНИМУМ**  
**кандидатского экзамена по специальности**  
**01.04.07 - Физика конденсированного состояния**

Махачкала – 2016 г.

Программа кандидатского экзамена по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния» (физико-математические науки) составлена на основе паспорта научной специальности и учебным планом ДГУ по основной образовательной программе аспирантской подготовки.

**Составитель:**

профессор Талчаев Ф.К.

Программа обсуждена и одобрена на заседании каф. ФКСИИ

« 3 » сентября 2016 г., прот. № 1

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

ФКСИИ

Рабаданов М.Х.

Программа кандидатского минимума утверждена на заседании Совета физического факультета «27» 09 2016 г., прот. № 1

Декан физического факультета

Курбанисмаилов В.С.

Курбанисмаилов В.С.

## 1. Силы связи в твердых телах

- Электронная структура атомов. Химическая связь и валентность. Типы сил связи в конденсированном состоянии: ван-дер-ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.
- Химическая связь и ближний порядок. Структура вещества с ненаправленным взаимодействием. Примеры кристаллических структур, отвечающих плотным упаковкам шаров: простая кубическая, ОЦК, ГЦК, ГПУ, структура типа CsCl, типа NaCl, структура типа перовскита CaTiO<sub>3</sub>.
- 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.

## 2. Симметрия твердых тел

- Кристаллические и аморфные твердые тела. Трансляционная инвариантность. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Ячейка Вигнера - Зейтца. Решетка Браве. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Обратная решетка, ее свойства. Зона Бриллюэна.
- Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции. Операции (преобразования) симметрии. Элементы теории групп, группы симметрии. Возможные порядки поворотных осей в кристалле. Пространственные и точечные группы (кристаллические классы). Классификация решеток Браве.

## 3. Дефекты в твердых телах

- Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки.
- Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Роль дислокаций в пластической деформации.

## 4. Дифракция в кристаллах

- Распространение волн в кристаллах. Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле. Упругое и неупругое рассеяние, их особенности.
- Брэгговские отражения. Атомный и структурный факторы. Дифракция в аморфных веществах.

## 5. Колебания решетки

- Колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов. Закон дисперсии упругих волн.
- Акустические и оптические колебания. Квантование колебаний. Фононы. Электрон-фононное взаимодействие.

## 6. Тепловые свойства твердых тел

- Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Электронная теплоемкость. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости.
- Классическая теория теплоемкости. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы в классической физике. Границы справедливости классической теории.
- Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая.
- Тепловое расширение твердых тел. Его физическое происхождение. Ангармонические колебания.
- Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана - Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности.
- Тепловые свойства в наносистемах.

## 7. Электронные свойства твердых тел

- Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Проводимость, эффект Холла, термоЭДС, фотопроводимость, оптическое поглощение. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде.
- Основные приближения зонной теории. Граничные условия Борна - Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны.
- Брэгговское отражение электронов при движении по кристаллу. Полосатый спектр энергии.
- Приближение сильносвязанных электронов. Связь ширины разрешенной зоны с перекрытием волновых функций атомов. Закон дисперсии. Тензор обратных эффективных масс.
- Приближение почти свободных электронов. Брэгговские отражения электронов.
- Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Полуметаллы.
- Электрические свойства в наносистемах.

## 8. Магнитные свойства твердых тел

- Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри - Вейсса. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости.
- Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика.
- Ферромагнитные домены. Причины появления доменов. Доменные границы (Блоха, Нееля).
- Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков.
- Спиновые волны, магноны.
- Движение магнитного момента в постоянном и переменном магнитных полях. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.
- Магнитные свойства в наносистемах.

## 9. Оптические и магнитооптические свойства твердых тел

- Комплексная диэлектрическая проницаемость и оптические постоянные. Коэффициенты поглощения и отражения. Соотношения Крамерса-Кронига.
- Поглощения света в полупроводниках (межзонное, примесное поглощение, поглощение свободными носителями, решеткой). Определение основных характеристик полупроводника из оптических исследований.
- Магнитооптические эффекты (эффекты Фарадея, Фохта и Керра).
- Проникновение высокочастотного поля в проводник. Нормальный и аномальный скин-эффекты. Толщина скин-слоя.

## 10. Сверхпроводимость

- Сверхпроводимость. Критическая температура. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Мейснера. Критическое поле и критический ток.
- Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Глубина проникновения магнитного поля в образец.
- Эффект Джозефсона.
- Куперовское спаривание. Длина когерентности. Энергетическая щель.

### Основная литература

1. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М.: Высш. шк., 2000.

2. Вонсовский С.В. Магнетизм. М.: Наука, 1971.
3. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М.: Наука, 1990.
4. Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводимости. МЦ НМО, М., 2002.
5. Ч.Киттель. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 2007.
6. Дж. Займан Принципы теории твердого тела. М.: Мир, 2007.
7. Шаскольская М.П. Кристаллография – М., 2002
8. Шалимова К.В. Физика полупроводников. М.: Энергоатомиздат, 2010.
9. П.С.Киреев. Физика полупроводников. М., 2005.
10. Кардона П. Ю. Введение в физику полупроводников. М.: Физматлит, 2002..
11. А. Гойял. Токонесущие ленты второго поколения. –М.: ЛКИ, 2009, 431с.
12. Швейкин Г.П., Губанов В.А., Фотиев А.А. и др. Электронная структура и физико – химические свойства высокотемпературных сверхпроводников –М: Наука -1990.
13. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М.: Наука-Физматлит, 2007. – 416 с.
14. Суздаев И.П., Суздаев П.И. Нанокластеры и нанокластерные системы. // Успехи Химии. 2001. Т.70. №.3. С.203-240.
15. Гинзберг Д.М. Физические свойства высокотемпературных сверхпроводников. - М.: Мир, 1990.
16. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. М.: Химия. 2000.
17. Хартманн У. Очарование нанотехнологии.- М.: Бином. Лаборатория знаний. – 2008. – 173 С.
18. Рыжонков, Д.И., Лёвина В.В., Дзидзигури Э.Л. Наноматериалы. – М.: Бином. Лаборатория знаний. – 2008. – 365 С.
19. Рамбиди Н.Г. Нанотехнологии и молекулярные компьютеры. –М.: Физматлит, 2007. -255 С.
20. Сергеев Г.Б. Нанохимия/Учебное пособие.- М.:КДУ, 2007. – 333 С.
21. Шабанова Н.А., Попов В.В., Саркисов П.Д. Химия и технология нанодисперсных оксидов. /Учебное пособие.- М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 309 С.
22. Рамбиди Н.Г., Березкин А.В. Физические и химические основы нанотехнологий. – М.:Физматлит, 2008. – 454 С.
23. Азаренко Н.А., Веревкин А.А., Ковтун Г.П. Основы нанотехнологий и наноматериалов: учебное пособие. – Харьков, 2009.–69 с.
24. Суздальцев И.П. Электрические и магнитные переходы в нанокластерах и наноструктурах – М.: «КРАСАННД», 2012. – 480с.
25. Рабаданов М.Х., Гасанов Н.Г., Эмиров Р.М. Рентгенодифракционные методы исследования кристаллов: учебное пособие. – Махачкала: издательство ДГУ, 2014. -103с.

26. Палчаев Д.К., Мурлиева Ж.Х. Энергетический спектр фононов и тепловые свойства конденсированных сред: учебное пособие. – Махачкала: издательство ДГУ, 2014. -86с.

***. Интернет ресурсы***

1. Международная база данных Scopus по разделу физика полупроводников <http://www.scopus.com/home.url>
2. Научные журналы и обзоры издательства Elsevier по тематике физика полупроводников <http://www.sciencedirect.com/>
3. Ресурсы Российской электронной библиотеки [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru), включая научные обзоры журнала Успехи физических наук [www.ufn.ru](http://www.ufn.ru)
4. Региональный ресурсный Центр образовательных ресурсов <http://rrc.dgu.ru/>