

ФГАОУ ВПО "Казанский (Приволжский) федеральный университет"



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной деятельности

Д.К. Нургалиев

_____ 201 г.

Программа кандидатского экзамена по специальности

Отрасль науки Физико-математические науки
Группа специальностей 01.04.00- Физика, специальности:

01.04.07- Физика конденсированного состояния

Казань
2012

1. Вопросы программы кандидатского экзамена по специальности

01.04.07

(шифр)

«Физика конденсированного состояния»

(наименование)

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 CaTiO₃. 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. Графен.

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.

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.

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. Ферромагнитный резонанс.

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.

11. Металлы и сплавы, расплавы, границы жидкость-твердое тело

Равновесие в системе металл-расплав. Зародышеобразование. Переохлаждение жидкостей. Условия равновесия на поверхности раздела жидкость-твердое тело, нормальное затвердевание, критический радиус зародыша, модели теории образования зародышей. Перераспределение примесей при затвердевании. Оттеснение примеси. Зонное

рафинирование. Конституционное переохлаждение. Поверхности раздела твердое тело-газ и твердое тело-жидкость. Поверхностные явления и равновесная форма кристаллов.

12. Поверхности, низкоразмерные системы, тонкие пленки

Поверхности раздела твердое тело-газ и твердое тело-жидкость. Поверхностные явления и равновесная форма кристаллов. Двумерный электронный и дырочный газ. Электронный спектр и плотность состояний электронов в квантующем магнитном поле. Спектр квазидвумерных электронов в поперечном квантующем магнитном поле. Контакт металл-полупроводник, гомопереходы, гетеропереходы. Механизмы роста пленок. Эпитаксия. Зародышеобразование. Особенности физических процессов в тонких пленках. Методы исследования поверхности. Дифракция медленных электронов. Фотоэлектронная и Оже-электронная спектроскопия. Сканирующая туннельная микроскопия. Электрофизические методы.

Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение программы кандидатского экзамена по специальности

01.04.07

(шифр)

«Физика конденсированного состояния»

(наименование)

Основная литература

- Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978.
Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. Т. I, II. М.: Мир, 1979.
Уэрт Ч., Томсон Р. Физика твердого тела. М.: Мир, 1969.
Займан Дж. Принципы теории твердого тела. М.: Мир, 1988.
А.С. Давыдов. Теория твердого тела. М.: Наука, 1976
Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М.: Высш. шк., 2000.
В.А. Кацнельсон. Введение в физику твердого тела. М.: Изд-во МГУ, 1986.
Вонсовский С.В. Магнетизм. М.: Наука, 1984.
Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М.: Наука, 1990.- 450 с.
Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводимости. МЦ НМО, М., 2000.

Дополнительная литература

- Уманский Я. С., Скаков Ю.А. Физика металлов. - М.: Атомиздат, 1978.
Тинкхам И. Введение в сверхпроводимость. - М.: Атомиздат, 1980.
Жданов Г.С., Хунджуа А.Г. Лекции по физике твердого тела. - М.: МГУ, 1988.
Белашенко Д.К. Структура жидких и аморфных металлов - М.: Металлургия, 1985. - 192 с.
D.A. Porter, K.E. Easterling. Phase transformations in metals and alloys. -Chapman & Hall, 1992. -440 с.
А.Келли, Г.Гровс. Кристаллография и дефекты в кристаллах. М.: Мир, 1974
Б.И.Шкловский, А.Л. Эфрос. Электронные свойства легированных полупроводников. М.: Наука, 1979.
Э.Зенгуил. Физика поверхности. М., Мир, 1990.
Ф.Бехштед, Р.Эндерлайн. Поверхности и границы раздела полупроводников. М., Мир, 1990.
Л.Фелдман, Д.Майер. Основы анализа поверхности и тонких пленок. М., Мир, 1989.
Крокстон К. Физика жидкого состояния. М.: Мир. 1978
Куркин М. И., Туров Е. А. ЯМР в магнитоупорядоченных веществах и его применения. - М.: Наука., 1990. 248 с.
Д.Вудраф, Т.Делчар. Современные методы исследования поверхности. М., Мир, 1989.

Физика простых жидкостей, тт.1-2, под ред. Г.Темперли, М.: Мир. 1973.

.Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии Института/факультета
..... КФУ от г., протокол №

СОГЛАСОВАНО

Директор института физики

(подпись)

Аганов А.В.
(Ф.И.О.)

Зав. кафедрой

(подпись)

Тагиров Л.Р.
(Ф.И.О.)

Зав.отд.аспирантуры и докторантуры

(подпись)

Е.М.Нуриева