

«ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА»

АННОТАЦИЯ

Спецкурс «Введение в физику конденсированного состояния вещества» является одной из дисциплин в рамках специальности «Наносистемы и наносустройства». В основу изложения положено, с одной стороны, деление конденсированных сред по «механическому» признаку агрегатного состояния (с точки зрения механики сплошной среды) на жидкости и вообще «мягкие» состояния, и твёрдые тела; с другой – рассмотрены системы с ближним и дальним порядком, в рамках которого, скажем, аморфные тела рассматриваются как «замороженные» жидкости. Важными особенностями данного курса являются, во-первых, широкое использование аппарата систем Делоне как обобщения понятия кристаллической решётки на более широкий класс конденсированных сред, а во-вторых, систематическое использование симметричного формализма как мощного инструмента качественного и количественного анализа, включая использование концепции спонтанного нарушения симметрии для анализа возбуждений. В отличие от традиционных изложений в данном курсе рассматриваются также аперидические твёрдые тела.

СОДЕРЖАНИЕ КУРСА С РАЗБИВКОЙ ПО ЛЕКЦИЯМ

Всего – 36 часов, 18 лекций по 9 разделам

ТЕМА 1 КЛАССИФИКАЦИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД И ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ СИММЕТРИЙНОГО ПОДХОДА

Лекция 1

Классификация конденсированных сред с точки зрения механики сплошной среды. Понятие о ближнем и дальнем порядке и соответствующая классификация конденсированных состояний. Основные идеи симметричного подхода к описанию физических систем. Принципы Неймана и Кюри. Симметричная эволюция. Спонтанное нарушение симметрии.

ТЕМА 2 СИЛЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Лекция 2

Взаимодействия ван дер Ваальса. Молекулярные кристаллы. Ионные связи, ионные кристаллы. Ковалентные связи. Металлическая связь. Водородная связь.

ТЕМА 3 СИСТЕМЫ ДЕЛОНЕ

Лекция 3

Определение и основные свойства систем Делоне. Метод пустого шара и координационная структура конденсированных состояний. Разбиение Делоне. Многогранники Дирихле, разбиение Дирихле. Локальная теория и дальний порядок в конденсированных средах.

ТЕМА 4 ЖИДКОСТИ И МЯГКИЕ КОНДЕНСИРОВАННЫЕ СРЕДЫ

Лекция 4

Классификация и краткий обзор физических свойств жидкостей. Структурный анализ жидкостей. Радиальная функция распределения. Основные идеи физики простых жидкостей. Особенности «мягких» конденсированных сред. Аморфные тела.

ТЕМА 5 КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ РЕШЕТКИ

Лекция 5

Кристаллическая структура и ее описание. Элементарные ячейки и решётки Браве. Энергия связи решетки, константа Маделунга и ее расчет.

Лекция 6

Ячейка Вигнера-Зейтца. Обратная решетка. Геометрия Фурье-пространства как основа структурного анализа, включая многомерный анализ для аперидических систем.

Лекция 7

Точечные и пространственные группы симметрии кристаллов. Кристаллические классы. Номенклатура пространственных групп симметрии. Аперидические кристаллы.

ТЕМА 6 КОЛЕБАНИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЁТКИ

Лекция 8

Колебания кристаллической решетки. Фононы. Статистика фононов. Общая картина спектра колебаний кристаллической решетки. Акустические, оптические фононы и их законы дисперсии.

Лекция 9

Общая теория решёточной теплоемкости кристалла. Модель Эйнштейна и модель Дебая. Теплоемкость решетки при высоких, низких и промежуточных температурах. Ангармонизм и тепловое расширение. Формула плавления.

ТЕМА 7 ЭЛЕКТРОННАЯ ДИНАМИКА В ТВЁРДЫХ ТЕЛАХ

Лекция 10

Теорема Блоха. Понятие квазиимпульса. Зона Бриллюэна.

Лекция 11

Формирование зонного спектра. Эффективная масса. Энергия Ферми и поверхность Ферми.

Лекция 12

Электронные свойства простых веществ в зависимости от положения в периодической системе элементов. Электроны в металлах. Электронная теплоемкость.

Лекция 13

Электропроводность металлов. Температурная зависимость электропроводности.

Лекция 14

Теплопроводность твёрдых тел. Электронная теплопроводность. Закон Видемана – Франца.

Лекция 15

Структура полупроводников. Легирование. Электроны и дырки в полупроводниках. Закон дисперсии электронов и дырок. Плотность состояний электронов и дырок. Статистика электронов и дырок и их концентрации. Экситоны Френкеля и Ванье-Мотта.

ТЕМА 8 ВОПРОСЫ ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ

Лекция 16 Теория Ландау фазовых переходов. Переход в сегнетоэлектрическую фазу. Аналогия с ферромагнетизмом. Симметричные критерии.

Лекция 17

Обобщённая «гидродинамика» конденсированных сред и возбуждённые состояния. Упругие свойства анизотропных твёрдых тел.

ТЕМА 9 АПЕРИОДИЧЕСКИЕ ТВЁРДЫЕ ТЕЛА С ДАЛЬНИМ ПОРЯДКОМ

Лекция 18

Аперриодические твёрдые тела с дальним порядком. Структурная и физическая модуляция. Несоразмерные фазы. Квазикристаллы. Фазоны.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Н.Б. Брандт, В.А. Кульбачинский, "Квазичастицы в физике конденсированного состояния", М., физматлит, 2007.
2. Н. Ашкрофт, Н. Мермин, "Физика твердого тела" Издательство " Мир", Москва, 1979 г.
3. Ч. Киттель - Введение в физику твердого тела, М., Наука, 1978, 792 стр.

Дополнительная литература

1. П.В. Елютин, В.Д. Кривченков - Квантовая механика, М., Наука, 1976.
2. Ю.И. Сиротин, М.П. Шаскольская, "Основы кристаллографии", М., Наука, 1979.
3. Дж. Займан, "Электроны и фононы" Издательство иностранной литературы, Москва, 1962 г.
4. А. А. Абрикосов "Основы теории металлов" Москва, Издательство "Наука" Главная редакция физико-математической литературы 1987 г.
5. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, "Электродинамика сплошных сред", М., Наука, 1982.
6. В. Л. Бонч-Бруевич, С. Г. Калашников "Физика полупроводников", М., "Наука", 1977 г.