

## Введение в физику конденсированного состояния

Содержание курса:

- 1. Основные понятия физики конденсированного состояния.** Атомные масштабы. Малые параметры физики конденсированного состояния. Одно- и многочастичная физика. Метод функционала плотности.
- 2. Решетки.** Теорема Блоха. Зоны. Симметрии. Типы твердых тел (изоляторы, полупроводники, металлы). Статистика электронов в металлах, поверхность Ферми, электронная теплоемкость. Статистика электронов и дырок в полупроводниках. Графен.
- 3. Колебания решетки.** Фононы. Акустические и оптические фононы. Фононная теплоемкость - модель Дебая.
- 4. Эффекты взаимодействия.** Электрон-фононное взаимодействие. Поляроны в изоляторах. Эффекты электронно-дырочного взаимодействия в полупроводниках. Экситон Ванье — Мотта. Эффекты электрон-электронных взаимодействий в металлах. Два крайних предела: свободные электроны и вигнеровский кристалл. Теория ферми-жидкости Ландау. Коллективные эффекты электронного взаимодействия. Плазмоны. Экранирование в модели Томаса — Ферми. Твердые тела с коррелированными электронами. Изолятор Мотта.
- 5. Основные оптические свойства твердых тел.** Межзонные оптические спектры поглощения твердых тел. Фононные и экситонные поляритоны. Оптические свойства локальных центров. Коллективные эффекты в оптическом отклике.
- 6. Кинетические свойства проводников.** Примесное рассеяние. Проводимость Друде. Классический эффект Холла. Эффекты электрон-фононного и электрон-электронного рассеяния. Роль процессов переброса.
- 7. Квантовые эффекты в неупорядоченных проводниках. Локализация и целочисленный квантовый эффект Холла.** Переход Андерсона. Слабая локализация и мезоскопические эффекты. Квантовый эффект Холла. Топологические изоляторы.
- 8. Магнетизм.** Происхождение магнетизма, обменное взаимодействие. Ферро- и антиферромагнетики. Модель Изинга. Модель Гейзенберга. Нарушение симметрии и макроскопического порядка. Магноны как голдстоуновские бозоны. Магноны в ферромагнетиках и антиферромагнетиках. РККИ взаимодействие спиновых примесей в проводнике.
- 9. Фазовые переходы в магнитных системах.** Функционал Гинзбурга-Ландау. Флуктуационная область. Роль размерности.  $d \leftrightarrow d+1$  квантово-классическое соответствие. Теорема Мермина — Вагнера. Двумерный магнетизм. Переход Березинского-Костерлица-Таулеса. Топология.
- 10. Спин-орбитальные эффекты и топологические изоляторы. Фаза Берри и число Черна.** Одномерная модель Изинга в поперечном поле. Спин-орбитальная связь в твердых телах. 2D и 3D топологические изоляторы. Майорановские состояния как потенциальные кубиты.
- 11. Сверхтекучесть.** От идеального к слабо взаимодействующему бозе-газу: элементы теории Боголюбова, элементарные возбуждения. Критерий сверхтекучести Ландау. Макроскопический параметр порядка, его модуль и фаза; Уравнение Гросса-Питаевского. Вихри в сверхтекучей жидкости (топологическая защита).
- 12. Сверхпроводимость.** Куперовская неустойчивость ферми-газа. Элементы теории БКШ. Спектр возбуждения. Макроскопический параметр порядка. Функционал Гинзбурга-Ландау. Квантование потока. Эффект Мейснера. Сверхпроводимость. Эффект Джозефсона. Сверхпроводящие квантовые приборы: СКВИДы; джозефсоновский переход как потенциальный кубит.