

План курса “Введение в физику конденсированного состояния – 1” для студентов 3-ого курса Академического Университета (весенний семестр)

М.М. Глазов

(Дата: 13 апреля 2018 г.)

Цель первого семестра курса – сформулировать основные понятия физики твердых тел. Будут приведены необходимые минимальные сведения для применения теории симметрии (теории представлений групп) для анализа физических явлений в кристаллах. В первом семестре обсуждаются колебательные и электронные спектры конденсированных сред. Второй семестр будет нацелен на изучение ряда физических явлений в конденсированных средах.

Разбиение на лекции является условным. Звездочкой отмечены темы, которые могут быть опущены без ущерба основному изложению.

1. **Введение.** Твердые тела и конденсированные среды вокруг нас: от классических кристаллов до нейтронных звезд и вигнеровской кристаллизации электронов. Трансляционная инвариантность. Элементарная и примитивная ячейки. Решетка Браве. Индексы Миллера.
2. **Волны и квазичастицы в кристаллах.** Прямое и обратное пространство. Граничные условия Борна-Кармана. Зона Бриллюэна. Плотность состояний. Фазовая и групповая скорости волн.
3. **Дифракция рентгеновских лучей на кристаллах.** Атомный и структурный фактор. Формулы Лауэ и Вульфа-Брэгга.
4. **Теория симметрии кристаллов.** Напоминание: тривиальные трансляции и базисные вектора кристаллической решетки. Пространственная группа кристалла. Точечная группа. Симморфные и несимморфные группы. Представления групп: наводящие соображения и математическое напоминание. (*) Группа волнового вектора. Понятие о проективных представлениях.
5. **Применение теории представлений.** Теорема Блоха. Примеры базисных функций неприводимых представлений для групп C_{3v} , T_d . Таблица умножения представлений. Правила отбора. Определение линейно независимых компонент тензоров, связывающих физические величины. (*) Непрерывные точечные группы: группа вращений.

6. **Колебания кристаллических решеток.** Классическая теория колебаний трехмерной сложной решетки. Нормальные моды. Акустические и оптические ветви колебаний. Симметрия колебательных мод.
7. **Колебания решеток в континуальном приближении.** Элементы теории упругости. Акустические и оптические моды в приближении сплошной среды. Вклад оптических фононов в диэлектрическую проницаемость кристалла. Формула Лиддена-Сакса-Теллера.
8. **Фононы в кристаллах.** Квантование нормальных мод кристаллической решетки. Статистика фононов. Теплоемкость кристаллов: модели Дебая и Эйнштейна, формула Дюлонга-Пти. (*) Коротко о тепловом расширении твердых тел.
9. **(*) Корреляционная функция.** Неустойчивость двумерных и одномерных кристаллов.
10. **Электронный спектр кристаллов.** Электроны в идеальном кристалле, адиабатическое приближение. Метод Хартри-Фока. Электрон в периодическом поле (напоминание о теореме Блоха). Приближения сильно и слабо связанных электронов. (*) Обзор современных методов расчета зонной структуры кристаллов.
11. **Метод эффективной массы и $k \cdot p$ -теория возмущений.** Наводящие соображения: теоремы о скорости и ускорении. Тензор обратных эффективных масс. Эффективный гамильтониан. Метод плавных огибающих.

Литература:

1. А.И. Ансельм, *Введение в теорию полупроводников*, М.: Наука (1978).
2. Г.Л. Бир, Г.Е. Пикус, *Симметрия и деформационные эффекты в полупроводниках*, М.: Наука (1972).
3. Г.Г. Зегря, В.И. Перель, *Основы физики полупроводников*, М.: Физматлит (2009).
4. Н. Ашкрофт, Н. Мермин, *Физика твердого тела*, М.: Мир (1979).
5. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Статистическая физика. Часть 1*, М.: Наука (1976).
6. А. Анималу, *Квантовая теория кристаллических твердых тел*, М.: Мир (1981).
7. М.И. Петрашень, Е.Д. Трифонов, *Применение теории групп в квантовой механике*, М.: УРСС (2002).