

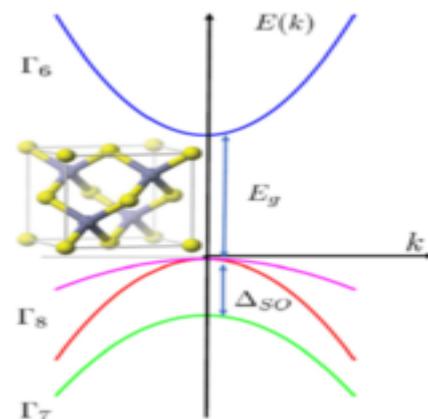
# Физика твердого тела

**Лекторы:**

Анна Родина

**Ассистент:**

Ольга Смирнова

**Язык:**

Русский

**Трудоемкость:**

3 з.е.

**Форма контроля:**

Дифференцированный зачет

**Образовательная программа:**

Фотоника и спинтроника

1й семестр

**Пререквизиты:**

Общая физика

Основы квантовой механики

Основы электродинамики

Лекции (ак.час)*	Практические занятия (ак.час)	Лабораторные занятия (ак.час)
13	3	1
*1 академический час = 45 минутам		

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с описанием фундаментальных электронных и оптических свойств твердых тел.

Рассмотрена симметрия кристаллов, основы теории групп и теории неприводимых представлений групп, основы тензорной алгебры и квантовой механики в применении к физике твердого тела. Рассмотрены основы теории упругости твердого тела, акустические и оптические колебания решетки (фононы).

Рассмотрены приближения и методы расчета электронной зонной структуры твердого тела. Особое внимание уделено зонной структуре кубических и гексагональных полупроводников со структурой цинковой обманки и вюрцита, описанию энергетических зон вблизи экстремумов первой зоны Бриллюэна с помощью кр метода и эффективных Гамильтонианов.

Изучаются оптические правила отбора межзонных переходов, влияние деформации на энергетическую структуру и оптические свойства полупроводников, связанные состояния примесных центров и экситонов в полупроводниках, взаимодействие экситонов со светом.

Курс является пререквизитом для курса физики полупроводниковых наноструктур (2й семестр).

# Содержание курса

## Часть I. Симметрия кристаллов

### Структура курса

1. Введение: предмет, цели и задачи курса. Квантовая механика в физике твердого тела. Выявление базовых знаний студентов - лекция + тест
  2. Преобразования симметрии кристалла, решетка Браве, индексы Миллера, группы (определение и свойства) - лекция
  3. Группы точечной и пространственной симметрии, сингонии и кристаллические классы, примеры кристаллических решеток - лекция
  4. Введение в тензорную алгебру, физические тензоры в кристаллах, линейные и нелинейные физические эффекты в кубических и гексагональных кристаллах - лекция
  5. Элементы континуальной теории упругости: тензор деформаций и тензор напряжения, закон Гука, упругие свойства изотропной среды, кубических и гексагональных кристаллов. Пиро- и пьезоэлектрики. Влияние деформации на оптические свойства - лекция
  6. Упругие звуковые волны в изотропной среде, кубических и гексагональных кристаллах. Акустические фононы как квазичастицы с угловым моментом 1. Понятие о поверхностных волнах. Оптические колебания и поляритоны - лекция
  7. Волны и квазичастицы в кристаллах: граничные условия Борна-Кармана, пространство волновых векторов, обратная решетка и дифракция рентгеновских лучей, зона Бриллюэна - лекция
- Решение задач по теме "Пространственная симметрия кристаллов" - практика

## Часть II. Электронная зонная структура

### Структура курса

9. Адиабатическое и одноэлектронное приближения, электрон в самосогласованном периодическом поле. Функции Блоха. Методы расчета зонной структуры. Приближения почти свободных и сильно связанных электронов. Примеры зонной структуры. - лекция
- 10-11. Введение в теорию неприводимых представлений групп. Вырождение состояний энергетического спектра и определение правил отбора для дипольных матричных элементов. Спинорные представления. Инвариантность к инверсии времени. Спин-орбитальное взаимодействие. - лекция + практика
12. Металлы, диэлектрики, полупроводники. Прямозонные и непрямозонные полупроводники. Зонная структура кубических и гексагональных полупроводников, перовскитов, халькогенидов свинца. - лекция
13. Основы кр теории, эффективная масса, плотность электронных состояний. Эффективные Гамильтонианы: двухзонная модель Кейна и модель Диммока, модель Латтинжера, восьмизонная кр модель. Деформационный потенциал. Квазикубическое приближение. - лекция
14. Метод плавных огибающих. Примесные центры и экситоны в кубических и гексагональных полупроводниках. Обменное взаимодействие. Взаимодействие с внешним магнитным полем. Взаимодействие с электромагнитным полем света. - лекция
15. Прямые и непрямые междозонные оптические переходы, экситонное поглощение и экситонные поляритоны. Влияние деформации на оптические свойства. Междозонное поглощение во внешнем магнитном поле. - лекция
16. Решение задач по теме "Электронная зонная структура" - практика

## Рекомендуемые ресурсы

1. Л. Д. Ландау и Е. М Лифшиц, том III "Квантовая механика", Москва "Наука" 1989.
2. Э. В. Шпольский «Атомная физика», Тома 1-2, 1980
3. Г.Л. Бир и Г.Е. Пикус, Симметрия и деформационные эффекты в полупроводниках, Москва "Наука", 1972.
4. П. Ю. М. Кардона, Основы физики полупроводников, Москва, Физматлит, 2002.
5. Ч. Киттель "Введение в физику твердого тела" (изд. После 1979 года) или «Элементарная физика твердого тела», Москва, Наука, 1965
6. Г. Г. Зегря, В. И. Перель «Введение в физику полупроводников» , Москва, Физматлит, 2009.
7. А.И. Ансельм, Введение в теорию полупроводников, М.: Наука (1978).
8. Л. Д. Ландау и Е. М Лифшиц, том VII "Теория упругости", Москва "Наука" 1987.

## Политика оценивания

Максимальное количество баллов за курс	100
Максимальное количество баллов за решение задач	50
Максимальное количество баллов за выступление на семинаре	0
Максимальное количество баллов за практическую работу	0
Максимальное количество баллов за финальный устный экзамен	50

## Тип самостоятельных заданий

Найти закон дисперсии дырок для волнового вектора в плоскости (100) вблизи центра зоны Бриллюэна кубического полупроводника в шестизонной модели Латтинжера без учета спина-орбитального взаимодействия. Определить степень вырождения состояний в направлениях [010], [001] и [011].

### **Дополнительные комментарии**

Примеры вопросов к экзамену:

1. Трансляционная симметрия, элементарная и примитивная ячейка, простая и сложная решетка, решетка Браве, типы кубических решеток Браве, индексы Миллера
2. Преобразования симметрии кристалла. Преобразования системы координат.
3. Определение и основные свойства группы. Классы сопряженности. Изоморфные группы.
4. Группы точечной и пространственной симметрии, сингонии и кристаллические классы
5. Точечные группы  $T_d$  и  $O_h$ . Примеры кубических полупроводников с решеткой алмаза и цинковой обманки.