2.1. Оптические свойства твердых тел - 20 часов
(д.ф.-м.н., проф. А.И.Соколов; к.ф.-м.н., ассист. А.С.Гудовских)

Конструирование перспективных тонкопленочных солнечных модулей и овладение технологией их производства требуют знания основ современной физики конденсированного состояния и, в частности, оптических свойств твердых тел. Основная цель предлагаемой дисциплины – изложить в доступной форме базовые представления современной теории твердых тел и физику явлений, ответственных за формирование их оптических свойств. Этой целью определяется структура дисциплины, т. е. перечень изучаемых тем, и последовательность их изложения. Программа курса включает в себя пять лекционных тем и две лабораторные работы. Их краткое содержание приведено ниже.

Тема 1. Структура кристаллических и аморфных твердых тел.

Кристаллы и их строение. Дальний порядок, трансляционная инвариантность, элементарная ячейка. Типы кристаллических решеток. Прямая и обратная решетки. Динамика решетки. Понятие о фононах и колебательных спектрах кристаллов. Дефекты кристаллической решетки, их основные типы. Аморфные вещества. Ближний порядок и особенности колебательных спектров аморфных материалов.

Тема 2. Электронные спектры кристаллов. Разрешенные и запрещенные зоны.

Электрон как микрочастица, его волновые свойства. Электрон в периодическом потенциальном поле. Волна Блоха. Электронный спектр кристалла в приближении сильной связи, туннелирование и расщепление атомных энергетических уровней. Приближение слабой связи, брэгговские отражения и запрещенные зоны. Электронные спектры кристаллов, материалы с многодолинными спектрами. Эффективная масса, изоэнергетические поверхности. Примеси и дефекты решетки, их энергетические спектры. Особенности электронных спектров аморфных твердых тел.

Тема 3. Типы заполнения разрешенных зон. Диэлектрики, полупроводники, металлы.

Электронный газ в кристалле. Принцип Паули и заполнение электронных состояний. Уровень Ферми. Диэлектрики, полупроводники, металлы. Свойства полностью заполненных зон, понятие о дырках как носителях заряда. Энергия и заряд дырки. Статистика носителей заряда в полупроводниках. Электроны в металлах, их статистика. Понятие о поверхности Ферми.

Тема 4. Электромагнитное излучение и его взаимодействие с веществом.

Основы полуклассической теория взаимодействия излучения с веществом. Вероятности квантовых переходов, золотое правило Ферми. Энергия взаимодействия электрона с электромагнитным полем. Квантовые переходы под действием поля излучения. Электромагнитное излучение как фотонный газ. Взаимодействие фотонов со свободными электронами.

Тема 5. Оптические свойства полупроводников, диэлектриков и металлов.

Фотовозбуждение электронов в твердых телах. Прямые и непрямые переходы. Межзонное поглощение, край фундаментального поглощения. Примесное поглощение света. Внутризонное поглощение, междолинные переходы с участием фононов. Влияние статических полейи деформаций на поглощение света в кристаллах. Применение методов оптической спектроскопии для изучения примесей в полупроводниках. Высокочастотная проводимость металла, формулаДруде. Плазменная частота и поглощение излучения в ультрафиолетовой области. Особенности оптических свойств аморфных твердых тел.

Лабораторная работа №1 посвящена знакомству с электронными спектрами кристаллов на примере простых моделей, допускающих решение на персональном компьютере. Варьирование параметров моделей в ходе выполнения работы (при компьютерных расчетах) позволяет наглядно продемонстрировать, какие из характеристик кристалла – постоянная решетки, форма потенциала и т. п. – наиболее существенно влияют на вид его электронного спектра.

Лабораторная работа №2 представляет собой экспериментальное исследование зависимости коэффициента поглощения полупроводника от частоты света. В процессе выполнения работы, в частности, измеряется край фундаментального поглощения материала и определяется ширина запрещенной зоны. В результате изучения дисциплины «**Оптические свойства твердых тел**» слушатели будут обладать следующими компетенциями:

- физические основы солнечной фотоэнергетики;
- навыки лабораторной работы с материалами солнечной фотоэнергетики;
- навыки составления и постановки методик измерения.