

Аннотация рабочей программы дисциплины (модуля)

1. Наименование дисциплины - Б1.В.ДВ.1.1 Введение в физику твердого тела.

Направление подготовки - 03.03.02 Физика.

Направленность (профиль) - Физика конденсированного состояния.

Квалификация (степень) выпускника - Бакалавр (академический бакалавриат).

Форма обучения - Очная

2. Цели и задачи изучения дисциплины

Целью дисциплины «Введение в физику твердого тела» является изучение обучающимися образования, строения и свойств твердых тел, а также механизмов основных физических явлений, характерных для этого состояния вещества. Ознакомление студентов с фактическим материалом, экспериментальными и теоретическими методами исследований в данной области физики.

Задачей курса является получение студентами знаний о структурных характеристиках вещества, об основных понятиях кристаллографии и используемых методах, о химических связях в кристаллическом состоянии, динамике кристаллической решетки, теплоемкости, теплопроводности, тепловом расширении твердых тел, электронных и электронно-оптических свойствах веществ.

Студенты должны овладеть экспериментальными и теоретическими методами исследований в объеме, достаточном для изучения последующих специальных дисциплин своей специализации.

Выработка у студентов навыков самостоятельной учебной работы, развитие у них интереса к дальнейшей познавательной деятельности.

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

В результате изучения дисциплины студенты должны освоить:

- Основные разделы физики твердого тела;
- Ознакомиться с методами и приборами, используемыми в физике твердого тела;
- Иметь представление о современном состоянии дисциплины, проблемах и тенденциях развития.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование **следующих компетенций:**

- способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (**ОПК-3**).

В результате освоения дисциплины учащиеся должны обладать **следующими профессиональными компетенциями:**

- способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (**ПК-1**);

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры			
		6	-	-	-
Аудиторные занятия (всего)	36/1	36/1	-	-	-
Лекции	18/0,5	18/0,5	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	18/0,5	18/0,5	-	-	-
Контроль самостоятельной работы (КСР)	36/1	36/1	-	-	-
Самостоятельная работа (всего)	108/3	108/3	-	-	-
В том числе:	-	-	-	-	-
Курсовой проект (работа)	108/3	108/3	-	-	-
Вид аттестации – Экзамен.					
Общая трудоемкость часы	180	180	-	-	-
зачетные единицы	5	5	-	-	-

5. Краткая характеристика содержания учебной дисциплины

1. Введение. Основные понятия кристаллографии.

Предмет физики конденсированного состояния (ФКС). Диаграмма состояния однокомпонентной системы. Условие существования конденсированного состояния. Понятие о функции радиального распределения. Ближний и дальний порядок. Определения понятий «твердое тело», «жидкость». Научные дисциплины твердотельного цикла. Методы исследования свойств твердых тел, макроскопический и микроскопический подходы. Структурные характеристики вещества в конденсированном состоянии. Кристаллы, полимеры, аморфные среды, жидкости, жидкие кристаллы. Однородность и дискретность, анизотропия, симметрия – основные свойства кристаллов. Кристаллическая система координат. Вектор трансляции. Элементарная трансляция. Кристаллическая решётка. Элементарная ячейка. Примитивная ячейка. Базис. Кристаллическая структура. Ячейка Вигнера-Зейтца. Правила построения. Точечные элементы (операции) симметрии. Формула симметрии. Порядок осей симметрии для идеальных кристаллических многогранников. Обозначение узлов, направлений и плоскостей. Параметры Вейса и индексы Миллера. Особое (единичное) направление. Кристаллографические категории и сингонии. 14 решёток Бравэ.

Кристаллографические координаты. Точечная группа симметрии. 32 класса симметрии. 230 пространственных групп.

2. Рассеяние волн в кристаллах, обратная решетка, зоны Бриллюэна.

Обратное пространство. Обратная решётка. Свойства базисных векторов обратной решётки. Дифракция и интерференция волн в кристаллах. Энергии фотонов, электронной и нейтронов, необходимые для наблюдения дифракции в кристаллах. Условия дифракции Вульфа-Брэгга. Метод Лауэ. Тормозное и характеристическое излучение. Симметрия лауэграммы и симметрия кристалла. Описание рассеяния Лауэ на решётке точечных атомов. Амплитуда рассеяния. Условие дифракции для обратной решётки. Импульс отдачи кристалла при рассеянии. Построение Эвальда. Плоскости перпендикулярные векторам обратной решетки и делящие их пополам. Зоны Бриллюэна. Приведение зон.

3. Химические связи в кристаллах.

Потенциал ионизации. Электронное сродство. Связь Ван-дер-Ваальса-Лондона. Силы притяжения. Силы отталкивания и принцип Паули. Энергия взаимодействия диполей. Потенциал Леннарда-Джонса. Равновесные постоянные решетки. Решёточные суммы. Энергия связи кристалла. Ионные кристаллы. Электростатическая энергия Маделунга. Постоянная Маделунга и ее вычисление. Метод Эвьена. Понятие о ковалентной связи. Направленность и насыщенность связей. Правило Юм-Розери. Пространственная конфигурация атомных орбиталей и связей. π и σ - связи. Гибридизация состояний. Металлическая и водородная связи.

4. Структура реальных кристаллов и диффузия в них.

Перемещение атомов в твердых телах. Точечные дефекты в структуре кристаллов: Дефекты Френкеля и Шотки. Равновесные и неравновесные концентрации. Чужеродные атомы. Сложные точечные дефекты. Центры окраски. Линейные дефекты: краевые и винтовые дислокации, плотность дислокаций в кристаллах, микромозаичная структура кристаллов, нарушения в чередовании атомных слоев. Механизмы диффузии в металлах. Законы Фика. Коэффициенты диффузии. Энергия активации диффузии.

5. Фононы и колебания решетки.

Продольные колебания в одноатомной цепочке. Уравнение движения. Дисперсионное соотношение. Фазовая и групповая скорости волн. Длинноволновое приближение. Общий случай. Граничные условия Борна-Кармана. Поперечные акустические колебания. Колебания линейной цепочки с двухатомным базисом. Уравнение движения. Дисперсионное соотношение и его анализ. Характер относительного движения частиц. Поперечные волны. Оптические и акустические ветви.

6. Теплоемкость и теплопроводность твердых тел.

Закон Дюлонга и Пти. Классическая теория теплоемкости одноатомных твердых тел. Квантовая теория теплоемкости одноатомных твердых тел. Формула Эйнштейна. Характеристическая температура Эйнштейна. Теории Дебая и Борна. Характеристическая температура Дебая. Функция Дебая. Закон кубов Дебая. Фононный газ. Теплопроводность фононного газа. Тепловое сопротивление. Влияние дефектов решетки. Тепловое расширение.

7. Электронные свойства твердых тел.

Спектр квантовых состояний свободных электронов в одномерном металлическом кристалле. Заселение состояний. Распределение Ферми-Дирака. Свободный электронный газ в трехмерном случае. Почему теплоемкость электронного газа существенно ниже значения, полученного в классической теории?

Диэлектрическая проницаемость электронного газа. Плазменная частота. Поглощение и отражение электромагнитных волн в плазме твердого тела (поперечные оптические моды). Дисперсионное соотношение для поперечных волн. Продольные волны в твердом теле. Плазмоны. Возбуждение плазмонов при отражении электронов от поверхности металла.

Энергетические зоны в кристаллах. Учет периодичности решеточного потенциала. Генетическая связь энергетических зон с атомными состояниями кристаллообразующих частиц. Классификация твердых тел на основе зонной схемы. Эффективная масса электрона. Проводимость. Носители заряда. Диффузия и дрейф носителей. Подвижность носителей. Собственные и примесные полупроводники. Уровень Ферми в полупроводниках. Вырожденные полупроводники. P-n-переход, вольт-амперная характеристика. Полупроводниковый выпрямительный диод. Фотогенерация и рекомбинация носителей в полупроводниках. Прямые и непрямые переходы. Оптическая накачка полупроводников. Квазиравновесие в зонах. Квазиуровни Ферми. Спонтанная и вынужденная рекомбинация. Условие инверсии в полупроводниках. Лазер на p-n – переходе. Светодиод.

8. Оптические свойства диэлектрических кристаллов.

Собственное и примесное поглощение. Люминесценция диэлектриков. Ориентация квантовых систем в кристаллах и парциальные тензоры восприимчивости. Анизотропия поглощения. Поляризация люминесценции. Взаимодействие квантовых систем в кристаллах с оптическим излучением. Уравнения движения в полуклассическом приближении. Принципы работы твердотельных лазеров. Фотохимические превращения в твердом теле.

9. Жидкие кристаллы.

Определение и классификация жидких кристаллов. Смектики, нематики, холестерики. Электрооптическая ячейка. Твист-структура. Устройство и принципы работы жидкокристаллических индикаторов и экранов.

10. Низкоразмерные структуры.

Наночастицы и наноструктурные материалы. Фотонные кристаллы.

6. Формы промежуточной аттестации - Экзамен.

Разработчик программы - д.ф-м.н., профессор кафедры общей и экспериментальной физики Е.Ф.Мартынович.