

# МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО УПРАВЛЯЕМОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО КУРСУ “ ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА “

Авторы: доктор тех. наук, проф. ДОБРЯНСКИЙ В. М.,  
доктор физ.-мат. наук , проф. ТАШЛЫКОВ И. С.

## 1. ПРОГРАММА КУРСА ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА.

### В В Е Д Е Н И Е

Цель и задачи спецкурса «Физика твердого тела». Связь науки о твердом теле с прогрессом развития в области материаловедения, производства полупроводников, пьезоэлектриков, сегнетоэлектриков, магнитных материалов искусственных драгоценных камней, оптических кристаллов, сверхпроводников, наноэлектроники. Единицы измерения. Общие свойства твердых тел.

### 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АТОМНОМ СТРОЕНИИ МАТЕРИАЛОВ.

Атомно-кристаллическое строение твердых тел. Типы межатомной связи в молекулах и твердых телах. Кристаллическая решетка, элементарная ячейка, трансляционная симметрия. Основные типы кристаллических структур. Однородность и анизотропия кристаллов.

Методы описания атомной структуры кристаллов (атомные координаты, направления и плоскости в кристаллических решетках). Плотнейшие шаровые упаковки. Полиморфизм. Аморфные и аморфно-кристаллические вещества. Полимеры и жидкокристаллические вещества

Идеальный и реальный кристалл. Дефекты структуры в кристаллах. Точечные, линейные, поверхностные и объемные дефекты. Механические свойства кристаллов. Диаграмма деформации. Механические свойства кристаллов с дефектами структуры. Хрупкое разрушение

### 2. ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ.

Волновые свойства микрочастиц. Уравнение Шредингера. Туннельный эффект. Частица в прямоугольной потенциальной яме. Квантовый осциллятор. Электроны в атомах. Излучение атомов.

### 3. ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ СТАТИСТИКИ.

Квантовый ансамбль микрочастиц. Фермионы и бозоны. Фазовое пространство. Плотность состояний. Распределение частиц по квантовым состояниям. Статистики Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака.

#### 4. АТОМНАЯ СТРУКТУРА И ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ.

Зависимость потенциальной энергии атома от межатомного расстояния. Колебательный характер теплового движения атомов в узле кристаллической решетки. Законы дисперсии упругих волн смещений в кристаллах. Фононы.

Теплоемкость кристаллов. Квантовая теория теплоемкости Дебая и Эйнштейна. Ангармонизм колебаний атомов относительно положения равновесия. Тепловое расширение твердых тел. Теплопроводность решетки.

#### 5. ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРОНОВ В КРИСТАЛЛАХ.

Применение статистики Ферми к электронному газу в металлах. Теплоемкость и теплопроводность электронного газа. Энергетические зоны и их заполнение. Металлы и диэлектрики.

Локализованные энергетические уровни электронов в кристаллах. Концентрация электронов в зоне проводимости собственного полупроводника. Концентрация электронов в зоне проводимости для примесного полупроводника.

#### 6. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ.

Закон дисперсии электронов в кристалле. Движение электронов в кристалле под действием слабого электрического поля. Электропроводность кристаллов.

#### 7. СВЕРХПРОВОДНИКИ. ДИЭЛЕКТРИКИ. МАГНЕТИКИ.

Сверхпроводимость. Высокотемпературная сверхпроводимость. Диэлектрические свойства твердых тел. Проводимость диэлектриков. Поляризация диэлектриков. Магнитные свойства твердых тел. Природа магнетизма.

#### 8. ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ ТЕЛ.

Виды взаимодействия света с твердым телом. Собственное поглощение. Экситонное поглощение. Поглощение свободными носителями. Примесное поглощение. Решеточное поглощение. Рекомбинационное излучение в полупроводниках. Твердотельная квантовая электроника. Принцип действия лазера. Трехуровневый лазер. Рубиновый лазер.

Полупроводниковые лазеры на p-n переходе. Фотопроводимость. Ловушки. Люминесценция.

## 9. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АМОФНЫХ ТЕЛ.

Структура аморфных твердых тел. Энергетический спектр некристаллических твердых тел. Аморфные полупроводники. Применение аморфных полупроводников. Аморфные диэлектрики. Аморфные металлы.

## 10. НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ.

Фуллерит - новая форма углерода. Углеродные нанотрубки. Фрактальные структуры вещества. Нанокристаллические твердые тела. Методы получения нанокристаллических твердых тел и их применение.

## 11. КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ. ПОЛУЧЕНИЕ. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА.

Конструирование аппаратов высокого и сверхвысокого давления. Автоскрепление сосудов. Многослойные сосуды. Сосуды с переменной внешней механической поддержкой. Сосуды с гидравлической поддержкой. Наковальни Бриджмена. Пуансонные аппараты. Поршневые аппараты. Система скользящих наковален.

Методы создания высокого давления при нормальных и высоких температурах. Сжатие газов, жидкостей, твердых тел. Сжатие при низких температурах.

Разработка основ технологии производства высокотвердых керамических материалов. Синтез материалов на базе КНБ (кубический нитрид бора) с использованием импульсного нагрева и спекания при высоком давлении. Синтез высокочистой керамики на базе КНБ.