



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Пензенский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «ПГУ»)

Утверждаю»
Председатель приемной комиссии,
Ректор ПГУ А.Д. Гуляков
30 октября 2023 г.



ПРОГРАММА
вступительного испытания в магистратуру
по направлению **03.04.02 – Физика**

Составитель
д.ф-м.н., профессор
В.Д. Кревчик

Пенза, ПГУ 2023

Содержание программы вступительного экзамена на направление 03.04.02 «Физика»

Перечень дисциплин и их основные разделы, выносимые на вступительный экзамен.

Дисциплина «Основы кристаллофизики»

1. Симметрия структуры кристаллов.

1.1.1. Элементарная ячейка. Основные системы кристаллов (сингонии). Трансляционные решетки Бравэ. Период решетки. Координационное число. Коэффициент упаковки.

1.1.2. Кристаллографические индексы Миллера. Обратная решетка. Методы исследования атомной структуры твердых тел.

1.2. Дефекты в кристаллах.

1.2.1. Классификация дефектов.

1.2.2. Точечные тепловые и радиационные дефекты.

1.2.3. Дислокации. Контур и вектор Бюргерса. Движение дислокаций.

1.2.4. Источники дислокаций.

1.3. Структура расплавов и кристаллизация.

1.3.1. Структура расплавленных металлов. Энергетические условия процесса кристаллизации. Гомогенная кристаллизация. Гетерогенное образование зародышей.

1.3.2. Кинетика кристаллизации. Рост кристаллов при затвердевании чистых металлов.

1.3.3. Методы выращивания монокристаллов из расплавов металлов: метод Чалмерса, Бриджмена и Чохральского.

1.3.4. Понятие о металлических сплавах и твердых растворах, интерметаллических соединениях и металлических стеклах. Упорядоченные и неупорядоченные растворы (сверхструктуры). Ближний порядок в твердых растворах.

1.4. Компоненты тензора упругой деформации твердого тела. Упругие модули – модуль Юнга, модуль сдвига, модуль объемной упругости. Показатель анизотропии.

1.5. Диэлектрические свойства твердых тел.

1.5.1. Основные свойства диэлектриков, типы поляризации.

1.5.2. Электронная упругая поляризация.

1.5.3. Ионная упругая поляризация.

1.5.4. Дипольная упругая поляризация.

1.5.5. Электронная тепловая (релаксационная) поляризация.

1.5.6. Ионная тепловая (релаксационная) поляризация.

1.5.7. Дипольная тепловая (релаксационная) поляризация.

1.5.8. Электрострикция, пьезоэффект, пирозэффект – основные понятия.

Рекомендуемая литература

1. Шаскольская М.П. Кристаллография. М.: Высшая школа, 2000, 441 с.

2. Сиротин Ю.И., Шаскольская М.П. Основы кристаллофизики. М., 1979, 640 с.

3. Най Дж. Физические свойства кристаллов и их описание при помощи тензоров и матриц. М., 1974.

4. Горелик С.С., Дашевский М.Я. Материаловедение полупроводников и металловедение. М., 1973.

Дисциплина «Физика твердого тела»

2.1. Основные типы связей в твердом теле.

- 2.1.1. Структура атомов и периодическая система элементов. Электронная структура многоэлектронных атомов.
- 2.1.2. Типы межатомной связи – гомополярные и гетерополярные. Энергия связи.
- 2.1.3. Ионная связь.
- 2.1.4. Ковалентная связь.
- 2.1.5. Металлическая и водородная связь. Энергия кристаллической решетки.
- 2.1.6. Классификация кристаллов по типам химической связи: ионные кристаллы, атомные кристаллы, металлические кристаллы, принцип плотной упаковки, молекулярные кристаллы, кристаллы с водородными связями.

2.2. Механические свойства твердых тел.

- 2.2.1. Виды деформации. Закон Гука. Диаграмма относительной деформации при одноосном растяжении. Коэффициент Пуассона.
- 2.2.2. Закон Гука для упругого твердого тела. Коэффициент гармоничности.
- 2.2.3. Деформация сдвига и кручения. Деформация изгиба однородной балки.
- 2.2.4. Методы определения модуля Юнга – статический, динамический: резонансный и импульсный. Метод поперечных колебаний – модулемер Панова.
- 2.2.5. Методы определения модуля сдвига – метод крутильного маятника.

2.3. Теплоемкость твердых тел.

- 2.3.1. Классическая теория теплоемкости твердых тел. Закон Дюлонга-Пти.
- 2.3.2. Квантовая теория теплоемкости Эйнштейна.
- 2.3.3. Уточненная теория теплоемкости Дебая.
- 2.3.4. Тепловое расширение твердых тел.
- 2.3.5. Теплопроводность твердых тел.

2.4. Электронная теория твердых тел.

- 2.4.1. Классическая теория электропроводности металлов Друде-Лоренца.
- 2.4.2. Модель газа свободных электронов – модель Зоммерфельда.

2.5. Магнитные свойства твердых тел.

- 2.5.1. Основные типы и классификация магнетиков. Намагниченность, восприимчивость, магнитная проницаемость.
- 2.5.2. Магнитные свойства атомов. Гиромагнитное отношение. Прецессия Лармора. Орбитальный ток.
- 2.5.3. Физическая природа диамагнетизма. Классическая теория парамагнетизма Ланжевена.
- 2.5.4. Природа ферромагнетизма. Температурная зависимость намагниченности насыщения. Точка Кюри. Закон Кюри-Вейса.
- 2.5.5. Обменное взаимодействие – теория Френкеля-Гейзенберга. Доменная структура ферромагнетиков. Эффект Баркгаузена. Петля гистерезиса.

2.6. Явление сверхпроводимости.

- 2.6.1. Основные свойства сверхпроводников. Эффект Мейснера. Сверхпроводники I и II рода.
- 2.6.2. Основы микроскопической теории. Куперовские пары. Энергетическая щель и квазичастицы в сверхпроводниках. Туннельный эффект. Эффект Джозефсона.

Рекомендуемая литература

1. Гуртов В.А., Осауленко Р.Н. Физика твердого тела для инженеров: Учеб. пособие. М.: Техносфера, 2007 г.
2. Ливанов Д.В. Физика металлов: Учебник для вузов. М.: МИСИС, 2006 .
3. Зиненко В.И., Сорокин Б.П., Турчин П.П. Основы физики твердого тела: Учеб. пособие для вузов. М.: Издательство физ.-мат. лит., 2001 г.
4. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела: Учебник для студентов, обучающихся по специальностям «Физика». – Изд. 2, Нижн. Новгород: НГУ, 1993 г., 491 с.
5. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.; Наука, 1978 г.
6. Задачи по физике твердого тела. Под ред. Г.Дж. Голдсмида. М.: Наука, 1976 г.
7. Епифанов Г.И. Физика твердого тела. Изд. 2, М.: Высш. Шк., 1977 г.
8. Мокиевский Л.И., Жилицкий М.З. Задачи по физике твердого тела. Изд. ППИ, г. Пенза, 1972 г.
9. Уэрт Ч., Томсон Р. Физика твердого тела. М.: Мир, 1966 г.
10. Жданов Г.С. Физика твердого тела. М.: Изд. Московского университета, 1962 г.

Дисциплина «Физика полупроводников»

- 3.1. Элементы физической статистики.
 - 3.1.1. Способы описания состояния макроскопической системы. Невырожденные и вырожденные коллективы.
 - 3.1.2. Число состояний для микрочастиц. Критерий невырожденности идеального газа. Энергия Ферми.
 - 3.1.3. Функция распределения для невырожденного и вырожденного газа – фермионов и бозонов. Правила статистического усреднения.
- 3.2. Колебания кристаллической решетки.
 - 3.2.1. Нормальные колебания решетки. Фононы. Плотность фононных состояний. Спектр нормальных колебаний решетки. Гармоническое и адиабатическое приближения. Упругие волны в кристаллах.
 - 3.2.2. Колебания одномерной линейной цепочки.
 - 3.2.3. Колебания двумерной цепочки. Дисперсионные соотношения.
 - 3.2.4. Колебания атомов трехмерной решетки. Акустическая и оптическая ветвь.
- 3.3. Электрические свойства полупроводников.
 - 3.3.1. Классификация твердых тел по электрическим свойствам. Удельное сопротивление и проводимость полупроводников.
 - 3.3.2. Зонная модель – модель почти свободных электронов.
 - 3.3.3. Движение электрона в периодическом поле кристалла под действием электрического поля.
 - 3.3.4. Эффективная масса электрона.
 - 3.3.5. Заполнение энергетических зон электронами. Проводники, диэлектрики и полупроводники. Собственная проводимость полупроводников. Понятие о дырках. Примесные полупроводники. Донорные и акцепторные уровни.
 - 3.3.6. Дрейф электронов под действием внешнего поля. Время релаксации. Подвижность электронов. Зависимость подвижности заряженных частиц от температуры.
 - 3.3.7. Термоэлектрические свойства: эффект Зеебека, эффект Пельтье и Томсона.
- 3.4. Оптические свойства кристаллов – отражение, пропускание, поглощение. Основы твердотельной квантовой электроники. Мазеры и лазеры. Фотопроводимость. Люминесценция.

Рекомендуемая литература.

1. Шалимова К.В. Физика полупроводников: Учебник для вузов. – 4-е изд., стер. – С.-П.: Лань, 2009. – 400 с.
2. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы. 9-е изд., стер. – С.-П.: Лань, 2009. – 480 с.
3. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников. 3-е изд., стер. – С.-П.: Лань, 2008. – 624 с.
4. Таиров Ю.М., Цветков В.Ф. Технология полупроводниковых приборов и диэлектрических материалов. 3-е изд., стер. – С.-П.: Лань, 2008. – 424 с.
5. Гуртов В.А. Твердотельная электроника: Учеб. пособие. – 2-е изд., доп. М.: Техносфера, 2005 г. - 408 с.
6. Гаман В.И. Физика полупроводниковых приборов: Учебн. Пособ. // В.И. Гаман. Томск: Издат. НТЛ, 2000 г. – 426 с.
79. Шишкин Г.Г. Приборы квантовой электроники.: Учеб. пос. для вузов. – М.: Сайнс-Пресс, 2004 г. – 80 с.
8. Протасов Ю.С. Твердотельная электроника // Ю.С. Протасов, С.В. Чувашев, МГТУ им. Баумана, 2003 г. – 480 с.

Руководитель магистерской
программы, д.ф.-м.н., профессор

В.Д. Кревчик