

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Амурский государственный университет»**

Кафедра ФИЗИКИ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

ДЕФЕКТЫ В КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ И НЕУПОРЯДОЧЕННЫХ СТРУКТУРАХ

Основной образовательной программы по направлению подготовки

010900.68 – Прикладные математика и физика

Благовещенск 2012

УМКД разработан профессором Астаповой Еленой Степановной

Рассмотрен и рекомендован на заседании кафедры ФИЗИКИ

Протокол заседания кафедры от «__» _____ 2012 г. № _____

Зав. кафедрой _____ / _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

УТВЕРЖДЕН

Протокол заседания УМС направления подготовки 010900.68 – «Прикладные математика и физика»

от «__» _____ 201__ г. № _____

Председатель УМСМ _____ / Е.А.Ванина ___ /
(подпись) (И.О. Фамилия)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Дефекты в кристаллических и неупорядоченных структурах» является знакомство с основами физики дефектов в кристаллических и неупорядоченных структурах, типах неупорядоченных материалов, особенностях их электронных спектров, физических характеристик, поведения дефектов и химических примесей в неупорядоченных структурах и получение в итоге фундаментального образования, направленного на получение современного естественнонаучного мировоззрения.

Задачи дисциплины:

1. изучение основных типов дефектов в кристаллических и неупорядоченных структурах, методов их исследования; овладение фундаментальными понятиями, законами и теориями физики дефектов;
2. получение знаний об упорядоченных и неупорядоченных системах и их физических моделях;
3. изучение процессов и изменения свойств материалов в зависимости от типов дефектов.

Программа составлена на основании государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования и авторских разработок.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО:

Дисциплина относится к вариативной части цикла ПД (ПД М2.В3).

Для освоения дисциплины «Дефекты в кристаллических и неупорядоченных структурах» необходимо знать:

- 1) курсы общей и теоретической физики;
- 2) курс кристаллографии и физики кристаллов;
- 3) курс неорганической химии;
- 4) курс материаловедения;
- 5) основы рентгеноструктурного анализа;
- 6) следующие разделы дисциплины «Математика»:
 - основы линейной алгебры;
 - основы дифференциального и интегрального исчисления;
 - действия над векторами,
 - понятие о вероятности, вероятность распределения; элементы теории поля.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины «Дефекты в кристаллических и неупорядоченных структурах» обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1) **Знать:** основные понятия физики дефектов, представления об упорядоченных и неупорядоченных системах и их физических моделях, атомные и электронные критерии неупорядоченности, основы перехода «порядок – беспорядок – порядок», конкретные типы неупорядоченных твердых растворов, сплавов, композиционных, полупроводниковых и др. материалов, особенности распределения дефектов в них, основные законы внутреннего строения кристаллов, главнейшие типы кристаллических структур и их связь с химическим составом веществ и кристаллохимическими особенностями их элементов, типы дефектов в кристаллических телах, процессы и изменение свойств материалов в зависимости от типов дефектов и пр.

2) **Уметь:** описывать вероятностно возможные дефекты в материалах, грамотно описывать строение кристаллов и неупорядоченных систем, используя знания по точечной и пространственной симметрии и теории дефектов, необходимые для правильной интерпретации результатов самостоятельной научной деятельности и понимания специальной литературы, применять физические законы для решения типовых профессиональных задач; получать, обрабатывать и обстоятельно анализировать полученные экспериментальные результаты.

3) **Владеть:** методами построения физических моделей для решения производственных задач; методами анализа физических явлений.

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие общекультурные и профессиональные компетенции:

компетенция системного аналитического мышления: способность использовать на практике углубленные фундаментальные знания, полученные в области естественных и гуманитарных наук, и обладать научным мировоззрением (ОК-1);

компетенция самообразования и профессиональной мобильности: способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности знания и умения, в том числе в новых областях (ОК-3);

компетенция профессиональной аналитической деятельности: способность применять в своей профессиональной деятельности углубленные знания, полученные в соответствии с профильной направленностью (ПК-1);

компетенция профессиональной научной деятельности: способность ставить задачи теоретических и (или) экспериментальных научных исследований и решать их с помощью соответствующего физико-математического аппарата, современной аппаратуры и информационных технологий (ПК-2);

компетенция профессионального развития: способность самостоятельно осваивать новые дисциплины и методы исследований (ПК-3);

компетенция математического и физического моделирования явлений и процессов: способность самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические и физические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств (ПК-9).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Дефекты в кристаллических и неупорядоченных структурах» составляет 2 зачетные единицы (72 часа).

№ п/п	Модуль дисциплины	Виды учебной работы				Формы текущего контроля. Формы промежуточной аттестации.
		Лекции (час.)	Практические занятия (час.)	Лабораторные раб. (час.)	СРС (час.)	
1	Модуль 1 «Теория симметрии идеальных кристаллов и дефектообразование в реальных кристаллах и материалах»	4	4		8	Контроль посещения аудиторных занятий. Контролирующий тест по модулю.

	<p>1.1. Элементы теории симметрии идеальных кристаллов.</p> <p>1.2. Образование дефектов в реальных кристаллах и материалах.</p> <p>1.3. Образование дефектов в материалах.</p>					Составление конспектов и отчетов по самостоятельной работе.
2	<p>Модуль 2 «Неупорядоченные системы. Аморфное, стеклообразное состояние»</p> <p>2.1. Общая характеристика неупорядоченных систем.</p> <p>2.2. Аморфные вещества.</p> <p>2.3. Стеклообразное состояние веществ.</p> <p>2.4. Теоретическое описание аморфных тел и стёкол. Топологический беспорядок в аморфных телах.</p>	4	4		8	<p>Контроль посещения аудиторных занятий.</p> <p>Контролирующий тест по модулю.</p> <p>Активная работа на практических занятиях.</p> <p>Составление конспектов по самостоятельной работе.</p>
3	<p>Модуль 3. «Аморфные металлические сплавы, твердые растворы и дефектообразование в них»</p> <p>3.1. Аморфные металлические сплавы.</p> <p>3.2. Типы твердых растворов и явления разупорядочения.</p> <p>3.3. Дефекты в аморфных металлических сплавах.</p> <p>3.4. Переход «Кристалл – расплав - стекло».</p>	6	6		8	<p>Контроль посещения аудиторных занятий..</p> <p>Контролирующий тест по модулю.</p> <p>Активная работа на практических занятиях.</p> <p>Составление конспектов по самостоятельной работе.</p> <p>Подготовка к зачету</p>
4	<p>Модуль 4. Неупорядоченные полупроводники.</p> <p>4.1. Некристаллические полупроводники и беспорядок в неупорядоченных телах.</p> <p>4.2. Причины упорядочения и разупорядочения.</p>	4	4		12	<p>Посещение лекций.</p> <p>Контролирующий тест по модулю.</p> <p>Активная работа на практических занятиях.</p> <p>Составление конспектов по</p>

	<p>4.3. Топологически неупорядоченные полупроводниковые среды и модель границ неоднородностей.</p> <p>4.4. Жидкие полупроводники и изменение структуры ближнего порядка.</p>					<p>самостоятельной работе.</p> <p>Контрольная работа.</p> <p>Зачет.</p>
--	--	--	--	--	--	---

5. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 ЛЕКЦИИ

Модуль 1. «Теория симметрии идеальных кристаллов и дефектообразование в реальных кристаллах и материалах».

1.1. Элементы теории симметрии идеальных кристаллов. Порядок – беспорядок в мире атомов (молекул), ближний – дальний порядок, элементы порядка в беспорядке и беспорядка в порядке, микроскопический и макроскопический порядок (беспорядок). Кристаллы. Исторические сведения об исследовании кристаллических структур. Операции и элементы симметрии конечных фигур. Точечные группы симметрии. Групповые аксиомы. Применение теории групп и теории симметрии на примере упорядоченной структуры группы 32. Типы элементарных ячеек. Обозначения по Шенфлису, Браве, Герману-Могену.

1.2. Образование дефектов в реальных кристаллах. несовершенства строения реальных кристаллов. Дефекты в кристаллических структурах. Классификация собственных дефектов (нульмерные, линейные, двумерные, объемные), равновесие точечных дефектов, вакансии Шоттки, вакансии Френкеля, причины образования дефектов (отклонение состава от стехиометрического при выращивании, термическая обработка, пластическая деформация, высокоэнергетическое радиационное воздействие), пересыщение кристалла дефектами. несовершенства строения реальных кристаллов. Дислокации и дисклинации. Типы и различные подходы в описании дефектов.

1.3. Образование дефектов в материалах.

Сегнетоэлектрики. Структура. Дефекты в сегнетоэлектриках. Мезопористые наноматериалы и дефекты в них. Дефекты в сложных неорганических системах. Керамические материалы. Радиационные дефекты и пострadiационное упорядочение дефектов.

Модуль 2 «Неупорядоченные системы. Аморфное, стеклообразное состояние»

2.1. Общая характеристика неупорядоченных систем. Общая характеристика неупорядоченных систем. Работы Займана, Иоффе, Регеля, Андерсена, Мота, посвященные неупорядоченным системам. Прикладной аспект изучения неупорядоченных структур (оптические стекла, аморфные металлические сплавы, аморфные полупроводники и др.).

2.2. Аморфные вещества. Аморфное состояние. Общие закономерности аморфизации и кристаллизации. Критическая скорость охлаждения. Исследования металлических расплавов Ульманом. Причины перехода жидкости в аморфное состояние. Зависимость величины энтальпии H от температуры при различных скоростях охлаждения. Возможность аморфизации в зависимости от кинетических констант зародышеобразования и роста кристаллических фаз.

2.3. Стеклообразное состояние вещества. Различие между аморфным и стеклообразным состоянием. Примеры веществ в стеклообразном состоянии. Физические свойства, характерные только для стекол. Особенности структуры аморфных веществ. Общее координационное число z . Анализ кривых $I(k)$, $Q(k)$, $\rho(r)$. Интерференционная

функция амплитуды $I(k)$. Волновой вектор. Функция радиального распределения. Приведенная функция радиального распределения. Аналогия между структурой стёкол и структурой жидкостей.

2.4. Теоретическое описание аморфных тел и стёкол. Топологический беспорядок в аморфных телах. Теоретическое описание аморфных тел и стёкол. Радиус корреляции структуры R_c . Представления о существовании неоднородностей структуры. Микрористаллитная теория строения стекла Лебедева. Топологический беспорядок в аморфных телах. Дисциплинации. Модели Клемена, Садока, Лихачева. Модели Ривира, Нельсона, Сетны.

Модуль 3. Аморфные металлические сплавы, твердые растворы и дефектообразование в них

3.1. Аморфные металлические сплавы. Методы получения. Классификация аморфных металлических сплавов. Схема устройства для получения АМС путем закалки из жидкого состояния. Условия получения ленты АМС при комнатной температуре. Модели структуры АМС. Первая группа, вторая группа моделей. Модель Бернала. Допущения. Модели ХПУЖС, ХПУМС. Структурная релаксация.

3.2. Типы твердых растворов и явления разупорядочения Типы твердых растворов (замещения, внедрения, вычитания), условия образования растворов, локальная координация (модель случайных ковалентных связей, модель химически упорядоченной сетки), приближение виртуального кристалла, упорядоченный и неупорядоченный раствор, молекулярные комплексы в твердом растворе с нарушением ближнего порядка, электронные состояния молекулярных комплексов в упорядоченном и разупорядоченном твердом растворе.

3.3. Дефекты в аморфных металлических сплавах. Внутренние и внешние дефекты. Точечные, микроскопические, макроскопические дефекты. Источники формирования дефектов. Вопрос о наличии дислокаций в аморфной структуре. Анализ дефектов в аморфных сплавах с позиции анализа внутренних напряжений. Влияние аморфности металла на магнитное состояние в магнитных структурах. Химический и структурный беспорядок. Флуктуации обменных взаимодействий.

3.4. Переход «Кристалл – расплав – стекло». Стеклообразное состояние (определение), метод получения стекол, критерии стеклования, диаграммы переходов кристалл - расплав -стекло- (кристалл), структурный критерий стеклообразования, стекла типа "Ge" и "Se", структура стекол (модель неправильной непрерывной сетки (В. Захариасен, 1932 г.), полимерно – кристаллическая модель (А.А. Лебедев), электронная структура стекол (модели КФО, МД, КФО-МД). Стеклообразные полупроводники. Пространственная неоднородность аморфных тел и стёкол. Плотность колебательных состояний.

Модуль 4. Неупорядоченные полупроводники.

4.1. Некристаллические полупроводники и беспорядок в неупорядоченных телах. Некристаллические полупроводники. Топологически неупорядоченные полупроводники. Параметр порядка. Беспорядок в неупорядоченных телах. Исследования А. И. Губанова, С. Александра. Топологические дефекты.

4.2. Причины упорядочения и разупорядочения. Неупорядоченные полупроводники. Критерии ближнего и дальнего порядка в кристаллах, причины упорядочения и разупорядочения, определение неупорядоченной конденсированной системы, критерий электронной неупорядоченности, одномерные модели кристалла: периодический потенциал (модель Кронига – Пенни), непериодический потенциал (модели Лившица и Андерсона); критерии локализованного и нелокализованного (распространенного) состояний, переход Андерсона, плотность состояний в примесной зоне.

4.3. Топологически неупорядоченные полупроводниковые среды и модель границ неоднородностей. Использование дисциплинаций для преодоления противоречия между минимизацией локальной энергии и наиболее плотного заполнения пространства. Масштаб неоднородностей в топологически неупорядоченных полупроводниковых средах и модель

границ неоднородностей. Методы получения неупорядоченных полупроводников, перспективы применения (пороговые переключатели, элементы памяти, солнечные элементы). Получение аморфных полупроводников. Аморфный кремний. Селен. Халькогенидные стекла.

4.4. Жидкие полупроводники и изменение структуры ближнего порядка. Жидкие полупроводники. Раствор, расплав, жидкий полупроводник, классификация переходов твердая фаза-жидкость, термодинамические характеристики перехода, изменение структуры ближнего порядка при переходе твердая фаза- жидкость, расплавы типа "Si", "CdTe", химические примеси, ионные жидкости, методы исследования расплавов.

5.2 ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Задания к практическим занятиям формируются в виде расчетно-графических работ и выдаются обучающимся преподавателем в начале изучения каждого модуля по следующим темам:

Модуль 1. «Теория симметрии идеальных кристаллов и дефектообразование в реальных кристаллах и материалах».

1.1. Элементы теории симметрии идеальных кристаллов. Задачи на применение теории групп и теории симметрии на примере известных упорядоченных структур неорганических кристаллических соединений. Рассмотрение физических следствий различных типов разупорядочения. Рассмотрение моделей, соответствующих композиционному и структурному беспорядку.

1.2. Образование дефектов в реальных кристаллах. Задачи на исследования собственных состояний электрона в атомной решетке с узлами с предположением, что в узле находится дефект. Рассмотрение моделей несовершенств строения реальных кристаллов. Задачи определения характеристик в различных методах определения дефектов в кристаллических структурах. Задачи на составление моделей дислокаций и дисклинаций.

1.3. Образование дефектов в материалах.

Задачи по темам: дефекты в сегнетоэлектриках, в мезопористых наноматериалах, в сложных неорганических системах, моделирование радиационных дефектов и пострadiационного упорядочения дефектов в керамических материалах.

Модуль 2 «Неупорядоченные системы. Аморфное, стеклообразное состояние»

2.1. Общая характеристика неупорядоченных систем. Рассмотрение прикладного аспекта изучения неупорядоченных структур (оптические стекла, аморфные металлические сплавы, аморфные полупроводники и др.) и их моделирование.

2.2. Аморфные вещества. Задачи на определение характеристик процессов аморфизации и кристаллизации. Задачи на определение кинетических констант зародышеобразования и роста кристаллических фаз, прогнозирование возможности аморфизации.

2.3. Стеклообразное состояние вещества. Изучение физических свойств, характерных только для стекол, изучение особенностей структуры аморфных веществ. Определение координационного числа z . Анализ кривых $I(k)$, $Q(k)$, $\rho(r)$.

2.4. Теоретическое описание аморфных тел и стёкол. Топологический беспорядок в аморфных телах. Изучение теоретического описания аморфных тел и стёкол. Радиус корреляции структуры R_c . Модели Клемена, Садока, Лихачева. Модели Ривира, Нельсона, Сетны.

Модуль 3. Аморфные металлические сплавы, твердые растворы и дефектообразование в них

3.1. Аморфные металлические сплавы. Моделирование структур аморфных металлических сплавов. Первая группа, вторая группа моделей. Модель Бернала. Допущения. Модели ХПУЖС, ХПУМС.

3.2. Типы твердых растворов и явления разупорядочения Задачи на определение структурных характеристик упорядоченных и неупорядоченных твердых растворов, исследование молекулярных комплексов в твердом растворе с нарушением ближнего порядка, электронных состояний молекулярных комплексов в упорядоченном и разупорядоченном твердом растворе.

3.3. Дефекты в аморфных металлических сплавах. Моделирование точечных, микроскопических, макроскопических дефектов. Анализ дефектов в аморфных сплавах с позиции анализа внутренних напряжений. Изучение химического и структурного беспорядка.

3.4. Переход «Кристалл – расплав - стекло». Изучение диаграмм переходов кристалл - расплав -стекло- (кристалл), задачи на определение структурных критериев стеклообразования,. Рассмотрение модели неправильной непрерывной сетки, полимерно – кристаллической модели.

Модуль 4. Неупорядоченные полупроводники.

4.1. Некристаллические полупроводники и беспорядок в неупорядоченных телах. Исследование и моделирование некристаллических полупроводников, топологически неупорядоченных полупроводников. Определение параметров порядка, беспорядка в неупорядоченных телах.

4.2. Причины упорядочения и разупорядочения. Задачи на определение характеристик неупорядоченной конденсированной системы, изучение критерия электронной неупорядоченности.

4.3. Топологически неупорядоченные полупроводниковые среды и модель границ неоднородностей. Рассмотрение примеров использования дисклинаций для преодоления противоречия между минимизацией локальной энергии и наиболее плотного заполнения пространства. Масштаб неоднородностей в топологически неупорядоченных полупроводниковых средах и модель границ неоднородностей.

4.4. Жидкие полупроводники и изменение структуры ближнего порядка. Изучение растворов, расплавов, жидких полупроводников, переходов «твердая фаза-жидкость», задачи на определение термодинамических характеристик перехода, определение измененных характеристик структуры ближнего прядка при переходе «твердая фаза – жидкость».

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

	Раздел (тема)	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоем- кость в часах
1	Модуль 1 «Теория симметрии идеальных кристаллов и дефектообразование в реальных кристаллах и материалах»	Изучение материалов лекций. Составление конспектов по темам самостоятельной работы. Подготовка к контролирующему тесту по модулю.	8
2	Модуль 2 «Неупорядоченные системы. Аморфное,	Изучение лекционных материалов. Подготовка к контролирующему тесту по модулю. Составление конспектов по самостоятельной	8

	стеклообразное состояние»	работе.	
3	Модуль 3. «Аморфные металлические сплавы, твердые растворы и дефектообразование в них»	Изучение лекционных материалов. Подготовка к контролируемому тесту по модулю. Составление конспектов по самостоятельной работе.	8
4	Модуль 4. Неупорядоченные полупроводники.	Изучение лекционных материалов. Подготовка к контролируемому тесту по модулю. Составление конспектов по самостоятельной работе. Подготовка к контрольной работе.	12
5	Подготовка к зачету.	Подготовка к зачету	18

7. МАТРИЦА КОМПЕТЕНЦИЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ.

Таблица компетенций

Темы, разделы дисциплины	КОМПЕТЕНЦИИ						Σ ОБЩЕЕ КОЛИЧЕСТВО КОМПЕТЕНЦИЙ
	(ОК-1)	(ОК-3)	(ПК-1)	(ПК-2)	(ПК-3)	(ПК-9)	
Модуль 1 «Теория симметрии идеальных кристаллов и дефектообразование в реальных кристаллах и материалах» .	+	+			+		3
Модуль 2 «Неупорядоченные системы. Аморфное, стеклообразное состояние»	+	+	+	+	+		5
Модуль 3. «Аморфные металлические сплавы, твердые растворы и дефектообразование в них»	+	+	+	+	+	+	6
Модуль 4. Неупорядоченные полупроводники	+	+	+	+	+	+	6

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При изучении дисциплины «Дефекты в кристаллических и неупорядоченных структурах» применяются классические методы и технологии, в том числе интерактивные технологии: метод заданий, метод дебатов, метод презентации информации. В интерактивной форме проводится 11 часов занятий (30,5 % от числа аудиторных часов).

Лекции проводятся с использованием мультимедийного оборудования. Каждая лекция сопровождается показом лекционных демонстраций (видеосюжетов).

Для усвоения дисциплины используются интерактивные базы рентгенометрических данных, справочных физико-химических характеристик материалов.

При проведении практических занятий используются «Мозговой штурм», «Метод Дельфи», направленные на вовлечение всех обучающихся в процесс решения конкретных задач.

9. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

9.1 Контролирующий тест

Контролирующий тест проводится по темам соответствующих модулей. В каждом тесте 10 заданий. Тест выполняется в письменном виде. Тест выявляет теоретические знания, практические умения и аналитические способности студентов.

9.2 Контрольная работа

Контрольная работа выполняется в конце семестра по всем пройденным модулям семестра. В контрольной работе содержится четыре задачи – по одной из каждого модуля. Контрольная работа направлена на проверку умений студентов применять полученные теоретические знания в отношении определенной конкретной задачи.

9.3 Подготовка конспектов по темам на самостоятельное изучение

Задания для самостоятельной работы выдаются обучающимся в конце каждой лекции и должны выполняться к каждой последующей лекции в письменном виде. Задание засчитывается при условии своевременного полного выполнения.

9.4. Подготовка к зачету

Студент готовится к зачету в течение всего семестра по вопросам, выдаваемым преподавателем в начале семестра А.

Задания для самостоятельной работы

Модуль 1 «Теория симметрии идеальных кристаллов и дефектообразование в реальных кристаллах и материалах»

1.1. Самостоятельное освоение теоретического материала по вопросам, относящимся к микроскопическому и макроскопическому порядку, теории симметрии, математическому аппарату, применяемому для описания кристаллических и неупорядоченных структур и дефектов в них.

1.2. Изучение теоретического материала по строению реальных кристаллов, классификации дефектов, причин образования дефектов, процессов пересыщения кристалла дефектами. Освоение знаниями по несовершенствам строения реальных кристаллов, теории дислокаций и дисклинаций, типам и различным подходам в описании дефектов.

1.3. Самостоятельное освоение теоретического материала по сегнетоэлектрикам. Изучение структуры, дефектообразования в сегнетоэлектриках, изучение научных трудов по мезопористым наноматериалам и дефектам в них, трудов по дефектам в сложных неорганических системах, в том числе по радиационным дефектам и пострадиационному упорядочению дефектов в керамических материалах.

1.4. Решение задач и моделирование процессов дефектообразования по темам модуля 1.

Модуль 2 «Неупорядоченные системы. Аморфное, стеклообразное состояние»

2.1. Самостоятельное освоение теоретического материала по неупорядоченным системам по трудам Займана, Иоффе, Регеля, Андерсена, Мота, изучение неупорядоченных структур, таких как оптические стекла, аморфные металлические сплавы, аморфные

полупроводники и др. и дефектов в них в прикладном аспекте, изучение аморфного состояния, общих закономерностей аморфизации и кристаллизации.

2.2. Изучение различий между аморфным и стеклообразным состоянием, физических свойств, характерных только для стекол, особенностей структуры аморфных веществ, физических характеристик и функциональных зависимостей с учетом дефектности структур.

2.3. Изучение влияния аморфности металла на магнитное состояние в магнитных структурах. Изучение научных трудов по исследованию химического и структурного беспорядка, флуктуаций обменных взаимодействий.

2.4. Самостоятельное изучение трудов по стеклообразному состоянию вещества, методам получения стекол, изучение физико-химических основ переходов кристалл - расплав - стекло- (кристалл), структурных критериев стеклообразования, структуры стекол (модель неправильной непрерывной сетки, полимерно – кристаллическая модель, электронной структуры стекол (модели КФО, МД, КФО-МД).

2.5. Решение задач и моделирование процессов дефектообразования по темам модуля 2.

Модуль 3. «Аморфные металлические сплавы, твердые растворы и дефектообразование в них»

3.1. Анализ и выявление возможной аналогии между структурой стёкол и структурой жидкостей. Изучение трудов Ульмана по металлическим расплавам. Освоение причин перехода жидкости в аморфное состояние, зависимости величины энтальпии H от температуры при различных скоростях охлаждения. Изучение возможности аморфизации в зависимости от кинетических констант зародышеобразования и роста кристаллических фаз.

3.2. Изучение трудов по структуре, классификации, методам получения, образованию дефектов и свойствам аморфных металлических сплавов. Изучение моделей структуры аморфных металлических сплавов.

3.3. Изучение научных трудов по дефектам в аморфных металлических сплавах: внутренних и внешних; микроскопических и макроскопических. Исследования по вопросам источников формирования дефектов, наличия и образования дислокаций в аморфной структуре.

3.4. Самостоятельное освоение теоретического материала по твердым растворам: типам, условиям образования растворов, различным моделям локальной координации (модель случайных ковалентных связей, модель химически упорядоченной сетки и др.). Изучение упорядоченных и неупорядоченных растворов, молекулярных комплексов в твердом растворе с нарушением ближнего порядка, электронных состояний молекулярных комплексов в упорядоченном и разупорядоченном твердом растворе.

3.5. Решение задач и моделирование процессов дефектообразования по темам модуля 3.

Модуль 4. Неупорядоченные полупроводники

4.1. Самостоятельное изучение некристаллических полупроводников. Топологически неупорядоченные полупроводники. Параметр порядка. Беспорядок в неупорядоченных телах. Исследования А. И. Губанова, С. Александера. Топологические дефекты.

4.2. Изучение трудов по неупорядоченным полупроводникам. Критерии ближнего и дальнего порядка в кристаллах, причины упорядочения и разупорядочения, определение неупорядоченной конденсированной системы, критерий электронной неупорядоченности.

4.3. Самостоятельное изучение методов получения неупорядоченных полупроводников, перспективы применения (пороговые переключатели, элементы памяти, солнечные элементы). Получение аморфных полупроводников. Изучение жидких полупроводников.

4.4. Решение задач и моделирование процессов дефектообразования по темам модуля 4.

9.6 Зачет

9.6.1. Критерии зачетной оценки

При определении оценки знаний студентов во время зачета преподаватели руководствуются следующими критериями:

К сдаче зачета допускаются студенты, посетившие лекционные занятия данного курса, успешно написавшие тесты и контрольную работу. При наличии пропусков темы пропущенных занятий должны быть отработаны. Программные вопросы к зачету доводятся до сведения студентов в начале семестра. Зачет состоит из двух теоретических вопросов и одной задачи.

При определении итоговой оценки знаний студента учитывается активность и текущая успеваемость студента в течение семестра по данному предмету.

Оценка «зачет» - ставится при 70 - 100 % правильных ответах на зачете и наличии выполненных заданий.

Безупречным считается ответ, в котором правильно, ясно и подробно изложен теоретический материал по теоретическим вопросам и правильно (без единой погрешности) решена задача с необходимыми пояснениями. Студент получает зачет при следующих соотношениях выполнения заданий билета:

при безупречном выполнении заданий билета;

при правильных ответах на теоретические вопросы и решении задач с небольшими недочетами (погрешностями);

при спорности выставления зачета беседа ведется по конспекту лекций.

В остальных случаях задание считается невыполненным и зачет не выставляется. или при кратких пояснениях каждого пункта билета со значительными ошибками.

9.6.2. Вопросы к зачету

1. Порядок – беспорядок в мире атомов (молекул), ближний – дальний порядок, элементы порядка в беспорядке и беспорядка в порядке, микроскопический и макроскопический порядок (беспорядок). Кристаллы.

2. Исторические сведения об исследовании кристаллических структур. Операции и элементы симметрии конечных фигур. Точечные группы симметрии. Групповые аксиомы. Применение теории групп и теории симметрии на примере упорядоченной структуры группы 32. Типы элементарных ячеек. Обозначения по Шенфлису, Браве, Герману-Могену.

3. Несовершенства строения реальных кристаллов. Дефекты в кристаллических структурах. Классификация собственных дефектов (нульмерные, линейные, двумерные, объемные), равновесие точечных дефектов, вакансии Шоттки, вакансии Френкеля, причины образования дефектов (отклонение состава от стехиометрического при выращивании, термическая обработка, пластическая деформация, высокоэнергетическое радиационное воздействие), пересыщение кристалла дефектами.

4. Несовершенства строения реальных кристаллов. Дислокации и дисклинации. Типы и различные подходы в описании дефектов.

5. Общая характеристика неупорядоченных систем. Работы Займана, Иоффе, Регеля, Андерсена, Мота, посвященные неупорядоченным системам. Прикладной аспект изучения неупорядоченных структур (оптические стекла, аморфные металлические сплавы, аморфные полупроводники и др.).

6. Аморфное состояние Общие закономерности аморфизации и кристаллизации. Критическая скорость охлаждения.

7. Исследования металлических расплавов Ульманом. Причины перехода жидкости в аморфное состояние. Зависимость величины энтальпии H от температуры при различных скоростях охлаждения. Возможность аморфизации в зависимости от кинетических констант зародышеобразования и роста кристаллических фаз.

8. Различие между аморфным и стеклообразным состоянием. Примеры веществ в стеклообразном состоянии. Физические свойства, характерные только для стекол.

9. Особенности структуры аморфных веществ. Общее координационное число z . Анализ кривых $I(k)$, $Q(k)$, $\rho(r)$. Интерференционная функция амплитуды $I(k)$. Волновой вектор. Функция радиального распределения. Приведенная функция радиального распределения. Аналогия между структурой стёкол и структурой жидкостей.

10. Сегнетоэлектрики. Структура. Дефекты в сегнетоэлектриках. Мезопористые наноматериалы и дефекты в них.

11. Дефекты в сложных неорганических системах. Керамические материалы. Радиационные дефекты и пострadiационное упорядочение дефектов.

12. Аморфные металлические сплавы. Методы получения. Классификация аморфных металлических сплавов. Схема устройства для получения АМС путем закалки из жидкого состояния. Условия получения ленты АМС при комнатной температуре. Модели структуры АМС. Первая группа, вторая группа моделей. Модель Бернала. Допущения. Модели ХПУЖС, ХПУМС. Структурная релаксация.

13. Типы твердых растворов (замещения, внедрения, вычитания), условия образования растворов, локальная координация (модель случайных ковалентных связей, модель химически упорядоченной сетки), приближение виртуального кристалла, упорядоченный и неупорядоченный раствор, молекулярные комплексы в твердом растворе с нарушением близкого порядка, электронные состояния молекулярных комплексов в упорядоченном и разупорядоченном твердом растворе.

14. Дефекты в аморфных металлических сплавах. Внутренние и внешние дефекты. Точечные, микроскопические, макроскопические дефекты. Источники формирования дефектов. Вопрос о наличии дислокаций в аморфной структуре.

15. Анализ дефектов в аморфных сплавах с позиции анализа внутренних напряжений.

16. Влияние аморфности металла на магнитное состояние в магнитных структурах. Химический и структурный беспорядок. Флуктуации обменных взаимодействий.

17. Стеклообразное состояние (определение), метод получения стекол, критерии стеклования, диаграммы переходов кристалл - расплав - стекло- (кристалл), структурный критерий стеклообразования, стекла типа "Ge" и "Se", структура стекол (модель неправильной непрерывной сетки (В. Захариасен, 1932 г.), полимерно – кристаллическая модель (А.А. Лебедев), электронная структура стекол (модели КФО, МД, КФО-МД). Стеклообразные полупроводники.

18. Некристаллические полупроводники. Топологически неупорядоченные полупроводники. Параметр порядка. Беспорядок в неупорядоченных телах. Исследования А. И. Губанова, С. Александра. Топологические дефекты.

19. Неупорядоченные полупроводники. Критерии ближнего и дальнего порядка в кристаллах, причины упорядочения и разупорядочения, определение неупорядоченной конденсированной системы, критерий электронной неупорядоченности, одномерные модели кристалла: периодический потенциал (модель Кронига – Пенни), непериодический потенциал (модели Лившица и Андерсона); критерии локализованного и нелокализованного (распространенного) состояний, переход Андерсона, плотность состояний в примесной зоне.

20. Теоретическому описанию аморфных тел и стёкол. Радиус корреляции структуры R_c . Представления о существовании неоднородностей структуры. Микрористаллитная теория строения стекла Лебедева.

21. Топологический беспорядок в аморфных телах. Дисклинации. Модели Клемена, Садока, Лихачева. Модели Ривира, Нельсона, Сетны. Использование дисклинаций для преодоления противоречия между минимизацией локальной энергии и наиболее плотного заполнения пространства.

22. Масштаб неоднородностей в топологически неупорядоченных полупроводниковых средах и модель границ неоднородностей. Пространственная неоднородность аморфных тел и стёкол. Плотность колебательных состояний.

23. Методы получения неупорядоченных полупроводников, перспективы применения (пороговые переключатели, элементы памяти, солнечные элементы). Получение аморфных полупроводников. Аморфный кремний. Селен. Халькогенидные стекла.

24. Жидкие полупроводники. Раствор, расплав, жидкий полупроводник, классификация переходов твердая фаза-жидкость, термодинамические характеристики перехода, изменение структуры ближнего прядка при переходе твердая фаза- жидкость, расплавы типа "Si", "CdTe", химические примеси, ионные жидкости, методы исследования расплавов.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «Дефекты в кристаллических и неупорядоченных структурах»

а) основная литература:

1. Клеман, Морис Основы физики частично упорядоченных сред [Текст] : жидкие кристаллы, коллоиды, фрактальные структуры, полимеры и биологические объекты: пер. с англ. / М. Клеман, О. Д. Лаврентович ; под ред. С. А. Пикина, В. Е. Дмитриенко. - М. : Физматлит, 2007. - 680 с.

б) дополнительная литература:

1. Чупрунов, Е.В. Основы кристаллографии [Текст] : учеб. : рек. Мин. обр. РФ / Е. В. Чупрунов, А. Ф. Хохлов, М. А. Фаддеев. - М. : Физматлит, 2006. - 500 с.

2. Забродский, А. Г. Электронные свойства неупорядоченных систем [Текст] : учеб.пособие.Рек.Мин.обр.РФ / Забродский А.Г., Немов С.А., Равич Ю.И. - СПб. : Наука, 2000. - 71с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	http://www.iqlib.ru	Интернет-библиотека образовательных изданий, в который собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знания.
2	http://193.49.43.4/dif/icsd/	База структурных данных для неорганических соединений.. ICSD (Inorganic Crystal Structure) Database,
3	http://www.ph4s.ru/book_ph_tvtelo.html	Введение в теорию неупорядоченных систем. Кособукин В. А. Санкт-Петербург. 2000. 63 с.
4	http://window.edu.ru/	Единое окно доступа к образовательным ресурсам/ каталог/ профессиональное образование
5	http://database.iem.ac.ru/mincryst	WWW-MINCRYST Crystallographic and Crystallochemical Database for Mineral and their Structural Analogues
6	http://www.twirpx.com/file/555679/	Структура и свойства неупорядоченных твердых тел. А. Л. Петров, А. А. Гаврилюк, С. М. Зубрицкий. Иркутск. 2004. 70 с.
7	http://library.krasu.ru/ft/ft/_umkd/25/u_lab.pdf	Материалы и элементы электронной техники. Юзова В. А., Шелованова Г. Н., Комогорцев С. В. Красноярск. 2007.

		35 с.
8	http://www.ph4s.ru/book_ph_tvteho.html	Физика твердого тела. Василевский А. С. М. Дрофа. 2010. 206 с.
9	http://www.ph4s.ru/book_ph_tvteho.html	Задачи по физике твердого тела. Под ред. Г. Дж. Голдсмита. М. Наука. 1976. 430 с.
10	http://www.ph4s.ru/book_ph_tvteho.html	Современная физика. Конденсированное состояние. Воронов В. К., Подоплелов А. В. М. Изд. ЛКИ. 2008. 336 с.
11	http://library.krasu.ru/ft/ft/_umkd/25/u_lab.pdf	Материалы и элементы электронной техники. Юзова В. А., Шелованова Г. Н., Комогорцев С. В. Красноярск. 2007. 35 с.

г) периодические издания:

1. Доклады Академии наук
2. Журнал экспериментальной и теоретической физики
Известия РАН. Серия физическая.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование лабораторий, ауд.	Основное оборудование
1.	Корпус № 1, ауд. 112 (лекционная)	Комплект ТСО Видеопроектор Epson Мультимедийный проектор-03г Ноутбук Пентиум 100-03г.
2	Учебный корпус № 8, музей минералогии и петрографии	Коллекции кристаллов природных соединений всех основных типов, классов, групп.
3	Корпус № 1, ауд. 113 (лаборатория рентгеноструктурного анализа)	Банк рентгенометрических данных.
	Корпус № 1, ауд. 113 (лаборатория рентгеноструктурного анализа)	Рентгеновский дифрактометр общего назначения ДРОН-3М

ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС

1. Порядок – беспорядок в мире атомов (молекул), ближний – дальний порядок, элементы порядка в беспорядке и беспорядка в порядке, микроскопический и макроскопический порядок (беспорядок). Кристаллы. Исторические сведения об исследовании кристаллических структур. Операции и элементы симметрии конечных фигур. Точечные группы симметрии. Групповые аксиомы. Применение теории групп и теории симметрии на примере упорядоченной структуры

группы 32. Типы элементарных ячеек. Обозначения по Шенфлису, Браве, Герману-Могену.

(2 часа)

2. несовершенства строения реальных кристаллов. Дефекты в кристаллических структурах. Классификация собственных дефектов (нульмерные, линейные, двумерные, объемные), равновесие точечных дефектов, вакансии Шоттки, вакансии Френкеля, причины образования дефектов (отклонение состава от стехиометрического при выращивании, термическая обработка, пластическая деформация, высокоэнергетическое радиационное воздействие), пересыщение кристалла дефектами. несовершенства строения реальных кристаллов. Дислокации и дисклинации. Типы и различные подходы в описании дефектов.

(2 часа)

3. Общая характеристика неупорядоченных систем. Работы Займана, Иоффе, Регеля, Андерсена, Мота, посвященные неупорядоченным системам. Прикладной аспект изучения неупорядоченных структур (оптические стекла, аморфные металлические сплавы, аморфные полупроводники и др.). Аморфное состояние. Общие закономерности аморфизации и кристаллизации. Критическая скорость охлаждения.

(2 часа)

4. Исследования металлических расплавов Ульманом. Причины перехода жидкости в аморфное состояние. Зависимость величины энтальпии H от температуры при различных скоростях охлаждения. Возможность аморфизации в зависимости от кинетических констант зародышеобразования и роста кристаллических фаз.

(2 часа)

5. Различие между аморфным и стеклообразным состоянием. Примеры веществ в стеклообразном состоянии. Физические свойства, характерные только для стекол. Особенности структуры аморфных веществ. Общее координационное число z . Анализ кривых $I(k)$, $Q(k)$, $\rho(r)$. Интерференционная функция амплитуды $I(k)$. Волновой вектор. Функция радиального распределения. Приведенная функция радиального распределения. Аналогия между структурой стёкол и структурой жидкостей.

(2 часа)

6. сегнетоэлектрики. Структура. Дефекты в сегнетоэлектриках. Мезопористые наноматериалы и дефекты в них. Дефекты в сложных неорганических системах. Керамические материалы. Радиационные дефекты и пострadiационное упорядочение дефектов.

(2 часа)

7. Аморфные металлические сплавы. Методы получения. Классификация аморфных металлических сплавов. Схема устройства для получения АМС путем закалки из жидкого состояния. Условия получения ленты АМС при комнатной температуре. Модели структуры АМС. Первая группа, вторая группа моделей. Модель Бернала. Допущения. Модели ХПУЖС, ХПУМС. Структурная релаксация.

(2 часа)

8. Типы твердых растворов (замещения, внедрения, вычитания), условия образования растворов, локальная координация (модель случайных ковалентных связей, модель химически

упорядоченной сетки), приближение виртуального кристалла, упорядоченный и неупорядоченный раствор, молекулярные комплексы в твердом растворе с нарушением ближнего порядка, электронные состояния молекулярных комплексов в упорядоченном и разупорядоченном твердом растворе. (2 часа)

9. Дефекты в аморфных металлических сплавах. Внутренние и внешние дефекты. Точечные, микроскопические, макроскопические дефекты. Источники формирования дефектов. Вопрос о наличии дислокаций в аморфной структуре. Анализ дефектов в аморфных сплавах с позиции анализа внутренних напряжений. (2 часа)

10. Влияние аморфности металла на магнитное состояние в магнитных структурах. Химический и структурный беспорядок. Флуктуации обменных взаимодействий. (2 часа)

11. Стеклообразное состояние (определение), метод получения стекол, критерии стеклования, диаграммы переходов кристалл - расплав - стекло- (кристалл), структурный критерий стеклообразования, стекла типа "Ge" и "Se", структура стекол (модель неправильной непрерывной сетки (В. Захариасен, 1932 г.), полимерно – кристаллическая модель (А.А. Лебедев), электронная структура стекол (модели КФО, МД, КФО-МД). Стеклообразные полупроводники.

(2 часа)

12. Некристаллические полупроводники. Топологически неупорядоченные полупроводники. Параметр порядка. Беспорядок в неупорядоченных телах. Исследования А. И. Губанова, С. Александера. Топологические дефекты. (2 часа)

13. Неупорядоченные полупроводники. Критерии ближнего и дальнего порядка в кристаллах, причины упорядочения и разупорядочения, определение неупорядоченной конденсированной системы, критерий электронной неупорядоченности, одномерные модели кристалла: периодический потенциал (модель Кронига – Пенни), непериодический потенциал (модели Лившица и Андерсона); критерии локализованного и нелокализованного (распространенного) состояний, переход Андерсона, плотность состояний в примесной зоне.

(2 часа)

14. Теоретическое описание аморфных тел и стёкол. Радиус корреляции структуры R_c . Представления о существовании неоднородностей структуры. Микроструктурная теория строения стекла Лебедева. Топологический беспорядок в аморфных телах. Дисклинации. Модели Клемена, Садока, Лихачева. Модели Ривира, Нельсона, Сетны. Использование дисклинаций для преодоления противоречия между минимизацией локальной энергии и наиболее плотного заполнения пространства. Масштаб неоднородностей в топологически неупорядоченных полупроводниковых средах и модель границ неоднородностей. Пространственная неоднородность аморфных тел и стёкол. Плотность колебательных состояний.

(2 часа)

15. Методы получения неупорядоченных полупроводников, перспективы применения (пороговые переключатели, элементы памяти, солнечные элементы). Получение аморфных полупроводников. Аморфный кремний. Селен. Халькогенидные стекла. (2 часа)

16. Жидкие полупроводники. Раствор, расплав, жидкий полупроводник, классификация переходов твердая фаза-жидкость, термодинамические характеристики перехода, изменение структуры ближнего порядка при переходе твердая фаза- жидкость, расплавы типа "Si", "CdTe", химические примеси, ионные жидкости, методы исследования расплавов. (2 часа)

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ (34 часа)

1. Самостоятельное освоение теоретического материала по вопросам, относящимся к микроскопическому и макроскопическому порядку, теории симметрии, математическому аппарату, применяемому для описания кристаллических и неупорядоченных структур и дефектов в них (2 часа)

2. Изучение теоретического материала по строению реальных кристаллов, классификации дефектов, причин образования дефектов, процессов пересыщения кристалла дефектами. Освоение знаниями по несовершенствам строения реальных кристаллов, теории дислокаций и дисклинаций, типам и различным подходам в описании дефектов. (2 часа)

3. Самостоятельное освоение теоретического материала по неупорядоченным системам по трудам Займана, Иоффе, Регеля, Андерсена, Мота, изучение неупорядоченных структур, таких как оптические стекла, аморфные металлические сплавы, аморфные полупроводники и др. и дефектов в них в прикладном аспекте, изучение аморфного состояния, общих закономерностей аморфизации и кристаллизации. (2 часа)

4. Изучение трудов Ульмана по металлическим расплавам. Освоение причин перехода жидкости в аморфное состояние, зависимости величины энтальпии H от температуры при различных скоростях охлаждения. Изучение возможности аморфизации в зависимости от кинетических констант зародышеобразования и роста кристаллических фаз. (2 часа)

5. Изучение различий между аморфным и стеклообразным состоянием, физических свойств, характерных только для стекол, особенностей структуры аморфных веществ, физических характеристик и функциональных зависимостей с учетом дефектности структур. Анализ и выявление возможной аналогии между структурой стёкол и структурой жидкостей. (2 часа)

6. Самостоятельное освоение теоретического материала по сегнетоэлектрикам. Изучение структуры, дефектообразования в сегнетоэлектриках, изучение научных трудов по мезопористым

наноматериал и дефектам в них, трудов по дефектам в сложных неорганических системах, в том числе по радиационным дефектам и пострадиационному упорядочению дефектов в керамических материалах.. (2 часа)

7. Изучение трудов по структуре, классификации, методам получения, образованию дефектов и свойствам аморфных металлических сплавов. Изучение моделей структуры аморфных металлических сплавов. (2 часа)

8. Самостоятельное освоение теоретического материала по твердым растворам: типам, условиям образования растворов, различным моделям локальной координации (модель случайных ковалентных связей, модель химически упорядоченной сетки и др.). Изучение упорядоченных и неупорядоченных растворов, молекулярных комплексов в твердом растворе с нарушением ближнего порядка, электронных состояний молекулярных комплексов в упорядоченном и разупорядоченном твердом растворе. (2 часа)

9. Изучение научных трудов по дефектам в аморфных металлических сплавах: внутренних и внешних; микроскопических и макроскопических. Исследования по вопросам источников формирования дефектов, наличия и образования дислокаций в аморфной структуре. (2 часа)

10. Изучение влияния аморфности металла на магнитное состояние в магнитных структурах. Изучение научных трудов по исследованию химического и структурного беспорядка, флуктуаций обменных взаимодействий. (2 часа)

11. Самостоятельное изучение трудов по стеклообразному состоянию вещества, методам получения стекол, изучение физико-химических основ переходов кристалл - расплав -стекло- (кристалл), структурных критериев стеклообразования, структуры стекол (модель неправильной непрерывной сетки, полимерно – кристаллическая модель, электронной структуры стекол (модели КФО, МД, КФО-МД). (2 часа)

12. Самостоятельное изучение некристаллических полупроводников. Топологически неупорядоченные полупроводники. Параметр порядка. Беспорядок в неупорядоченных телах. Исследования А. И. Губанова, С. Александера. Топологические дефекты. (2 часа)

13. Изучение трудов по неупорядоченным полупроводникам. Критерии ближнего и дальнего порядка в кристаллах, причины упорядочения и разупорядочения, определение неупорядоченной конденсированной системы, критерий электронной неупорядоченности. (2 часа)

14. Изучение трудов, посвященных одномерным моделям кристалла: периодический потенциал (модель Кронига – Пенни), непериодический потенциал (модели Лившица и Андерсона); критерии локализованного и нелокализованного (распространенного) состояний, переход Андерсона, плотность состояний в примесной зоне. (2 часа)

15. Изучение трудов, посвященных описанию аморфных тел и стёкол. Радиус корреляции структуры R_c . Представления о существовании неоднородностей структуры. Микрористаллитная теория строения стекла Лебедева. Топологический беспорядок в аморфных телах. Дисклинации. Модели Клемена, Садока, Лихачева. Модели Ривира, Нельсона, Сетны. Использование дисклинаций для преодоления противоречия между минимизацией локальной энергии и наиболее плотного заполнения пространства. Масштаб неоднородностей в топологически неупорядоченных полупроводниковых средах и модель границ неоднородностей. Пространственная неоднородность аморфных тел и стёкол. Плотность колебательных состояний.

(2 часа)

16. Самостоятельное изучение методов получения неупорядоченных полупроводников, перспективы применения (пороговые переключатели, элементы памяти, солнечные элементы). Получение аморфных полупроводников. Аморфный кремний. Селен. Халькогенидные стекла.

(2 часа)

17. Жидкие полупроводники. Раствор, расплав, жидкий полупроводник, классификация переходов твердая фаза-жидкость, термодинамические характеристики перехода, изменение структуры ближнего порядка при переходе твердая фаза- жидкость, расплавы типа "Si", "CdTe", химические примеси, ионные жидкости, методы исследования расплавов.

(2 часа)