

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 28.08.2023 12:50:35

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Неравновесные конденсированные системы часть 1

Закреплена за подразделением

Кафедра физической химии

Направление подготовки

03.04.02 ФИЗИКА

Профиль

Физика конденсированного состояния

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 1

аудиторные занятия

34

самостоятельная работа

110

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	1 (1.1)		Итого	
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	34	34	34	34
Контактная работа	34	34	34	34
Сам. работа	110	110	110	110
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

*дфмн, Профессор, Аронин Александр Семенович*

Рабочая программа

**Неравновесные конденсированные системы часть 1**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 03.04.02 ФИЗИКА (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

03.04.02 ФИЗИКА, 03.04.02-МФЗ-23-1.plx Физика конденсированного состояния, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

03.04.02 ФИЗИКА, Физика конденсированного состояния, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра физической химии**

Протокол от 21.06.2022 г., №11-21/22

Руководитель подразделения Салимон А.И.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Цель освоения дисциплины – Научить основным представлениям о структуре и свойствах неравновесных конденсированных систем - аморфных, нано- и квазикристаллических, способах получения и путях эволюции при переходе к равновесным, связывать физические свойства материалов с их структурой и фазовым состоянием, анализировать особенности структуры и физических свойств разных материалов, использовать физические свойства для анализа структуры и фазового состояния.
1.2	Задачи дисциплины научить:
1.3	- использовать полученные знания для прогнозирования структурных характеристик и свойств неравновесных систем в зависимости от внешних воздействий
1.4	- прогнозирования и анализа влияния изменений структуры и фазового состояния на физические свойства твердого тела;
1.5	- применять методы рентгеноструктурного, электронномикроскопического, магнитного и электрического анализов для решения задач профессиональной деятельности;
1.6	- обосновывать и выбирать конкретные физические методы для решения материаловедческих задач: определения состава и морфологии фаз, размера зерна, фазового состава, температуры фазовых и структурных превращений.

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.02
2.1	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.2	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Динамика решетки и электрон-фононное взаимодействие в твердых телах	
2.2.2	Дифракционные и спектроскопические методы исследования твердых тел	
2.2.3	Информационно-аналитические системы в материаловедении	
2.2.4	Компьютерные технологии в науке и образовании	
2.2.5	Неравновесные конденсированные системы часть 2	
2.2.6	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности. Научно-исследовательская практика	
2.2.7	Системы накопления и хранения электрической энергии	
2.2.8	Физика магнитных явлений. Часть 1. Основы магнетизма	
2.2.9	Физика магнитных явлений. Часть 2. Магнетизм веществ	
2.2.10	Физические методы исследований	
2.2.11	Экспериментальные методы физики твердого тела	
2.2.12	Инженерия поверхности	
2.2.13	История и методология физики	
2.2.14	Наночастицы и наноматериалы	
2.2.15	Радиационная обработка поверхности	
2.2.16	Термодинамическое моделирование химических процессов в многокомпонентных гетерогенных системах	
2.2.17	Тонкопленочные материалы	
2.2.18	Физика дифракции	
2.2.19	Экспериментальные методы в физике магнетизма	
2.2.20	Электронные свойства неравновесных материалов	
2.2.21	Научно-педагогическая практика	
2.2.22	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.23	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

**ПК-3: Способен проводить математические расчеты в рамках классических или разрабатываемых новых физических моделей процессов в области физики конденсированного состояния**

**Знать:**

ПК-3-31 основные характеристики структуры и свойств неравновесных систем (аморфных, нанокристаллических).

**Уметь:**

ПК-3-У1 применять полученные знания для прогнозирования и анализа влияния изменений химического состава, температуры и давления, а также условий проведения термической обработки на структуру и физические свойства при

получении материалов.
<b>ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания в области физики, знания в междисциплинарных областях для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-1-У1 применять методы исследования структуры, а также термического, магнитного и электрического анализов для решения материаловедческих и физических задач;
<b>ОПК-3: Способен применять знания в области информационных технологий, использовать современные компьютерные сети, программные продукты и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть "Интернет") для решения задач профессиональной деятельности, проектировании и разработке, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-3-У1 анализировать информацию о структуре и физических свойствах твердых тел
<b>ПК-3: Способен проводить математические расчеты в рамках классических или разрабатываемых новых физических моделей процессов в области физики конденсированного состояния</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-3-В1 навыками использования методов определения структуры и физических свойств неравновесных материалов, техники проведения экспериментов и статистической обработки экспериментальных данных
<b>ОПК-3: Способен применять знания в области информационных технологий, использовать современные компьютерные сети, программные продукты и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть "Интернет") для решения задач профессиональной деятельности, проектировании и разработке, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-3-В1 опытом оценки влияния различных факторов на уровень и закономерности эволюции структуры и физических свойств материалов
ОПК-3-В2 опытом применения на практике методов обработки и анализа экспериментальной физической информации;

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Формирование неравновесных систем</b>							
1.1	Введение. Фаза. Стабильное состояние. Метастабильное состояние. Потеря устойчивости. Типы неравновесных состояний. Способы получения сильно неравновесных состояний. Общая характеристика таких состояний /Лек/	1	1	ОПК-1-У1 ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.2	Расчет скоростей охлаждения, необходимых для получения аморфных сплавов скоростной закалкой на медный диск. /Пр/	1	2	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.3	Подготовка к контрольным работам. Изучение лекционного материала /Ср/	1	16	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			

1.4	Фазовые переходы. Диффузионные фазовые переходы. Формирование структуры сильно неравновесных систем (аморфных, квазикристаллических и нанокристаллических). Переход из жидкого в твердое состояние. /Лек/	1	1	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.5	Подготовка к контрольным работам. Изучение лекционного материала /Ср/	1	16	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.6	Бездиффузионные фазовые переходы /Лек/	1	1	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.7	Подготовка к контрольным работам. Изучение лекционного материала /Ср/	1	6	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.8	Аморфные сплавы. Температура стеклования. "Идеальное" стекло. Парадокс Кауцмана. Условие бездиффузионного перехода из жидкого в твердое состояние. Формирование сильно неравновесных твердых растворов /Лек/	1	1	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.9	Подготовка к контрольным работам. Изучение лекционного материала /Ср/	1	16	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.10	Наностекла: образование, характеристики. Механическое легирование "обратное плавление" диффузионный отжиг многослойных структур, облучение. Экспериментальные данные. Возможные механизмы /Лек/	1	1	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.11	Подготовка к контрольным работам. Изучение лекционного материала /Ср/	1	12	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.12	Формирование неравновесных систем при деформационном воздействии. Циклические переходы: аморфная фаза – кристалл-аморфная фаза /Лек/	1	1	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.13	Определение координационного числа и радиуса первой координационной сферы аморфных сплавов по рентгеновским данным /Пр/	1	1	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1		КМ1	Р1

1.14	Подготовка к контрольным работам. Изучение лекционного материала /Ср/	1	6	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
	<b>Раздел 2. Структура и стабильность неравновесных систем</b>							
2.1	Общее описание эволюции представлений об атомной структуре аморфных материалов. Беспорядочная плотная упаковка твердых и мягких сфер. Одноатомные системы. Полиэдры Бернала. Бинарные системы Концепция локальных структурных флуктуаций. Дефекты p, n типа. /Лек/	1	1	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.2	Оценка термодинамических свойств аморфных сплавов на основе ассоциативной модели /Пр/	1	1	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.3	Подготовка к контрольным работам. Изучение лекционного материала /Ср/	1	6	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.4	Модель беспорядочной упаковки координационных полиэдров. Хи-мический и топологический ближний порядок. Оценка термодинамических свойств аморфных сплавов в рамках ассоциативной модели. Кластерные (микрокристаллические модели структуры аморфных сплавов). Эволюция представлений /Лек/	1	1	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.5	Дифференциальный термический анализ фазовых превращений при нагреве аморфных сплавов /Пр/	1	2	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.6	Подготовка к контрольным работам. Изучение лекционного материала /Ср/	1	6	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.7	Эволюция структуры аморфных сплавов при отжиге. Процессы структурной релаксации. Влияние механических напряжений на эволюцию структуры аморфных сплавов при отжиге. Влияние магнитного поля на эволюцию структуры ферромагнитных аморфных сплавов при отжиге /Лек/	1	1	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			

2.8	Определение энергии активации образования кристаллических фаз по методу Киссенджера с помощью дифференциального термического анализа. /Пр/	1	2	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.9	Подготовка к контрольным работам. Изучение лекционного материала /Ср/	1	6	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.10	Возможность фазовых превращений в рамках аморфных состояний. Наностекла. Кристаллизация аморфных сплавов. Последовательность стадий кристаллизации. /Лек/	1	1	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.11	Распад пересыщенных растворов. Возникновение нанокристаллических структур на первой стадии контролируемой кристаллизации аморфных сплавов. Способы образования нанокристаллических структур /Лек/	1	1	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.12	Определение параметров наноструктур, образованных при кристаллизации аморфных сплавов по рентгеноструктурным данным /Пр/	1	1	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1		КМ2	Р2
2.13	Подготовка к контрольным работам. Изучение лекционного материала /Ср/	1	6	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.14	Стабильность наносистем. Уравнение Гиббса - Томпсона Коалесценция по Оствальду. Диффузионный и реакционный контроль /Лек/	1	1	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
	<b>Раздел 3. Транспортные свойства неравновесных систем</b>							
3.1	Тепловые свойства и их классификация. Теплоемкость, квантовые теории теплоёмкости Эйнштейна и Дебая. Закон Дюлонга и Пти. Влияние структурного состояния /Лек/	1	1	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.2	Дифференциальный термический анализ фазовых превращений при нагреве аморфных сплавов /Пр/	1	2	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			

3.3	Температурные коэффициенты линейного и объёмного расширения. Правило Грюнайзена и закон Грюнайзена. Термическое расширение твёрдых тел. Анггармонизм колебаний атомов. Влияние на теплопроводность дефектов кристаллического строения /Лек/	1	1	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.4	Подготовка к контрольным работам. Изучение лекционного материала /Ср/	1	4	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.5	Тепловое расширение упорядоченных и неупорядоченных конденсированных систем. Вклад электронной составляющей в тепловое расширение. Анизотропия теплового расширения /Лек/	1	1	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.6	Определение коэффициента линейного расширения и температур фазовых превращений при нагреве аморфных сплавов Fe-Si-B с помощью дилатометра /Пр/	1	2	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.7	Подготовка к контрольным работам. Изучение лекционного материала /Ср/	1	5	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.8	Влияние магнитного взаимодействия на тепловое расширение. Инвары. Теплопроводность конденсированных систем /Лек/	1	1	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.9	Изучение влияния геометрических параметров образца на результат измерения удельного электрического сопротивления /Пр/	1	2	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1		КМ3	Р3
3.10	Подготовка к контрольным работам. Изучение лекционного материала /Ср/	1	5	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.11	Электропроводность аморфных систем. Дифракционная модель Займана. Минимум электросопротивления при низких температурах, эффект Кондо. Сравнение электропроводности кристаллических, аморфных и нанокристаллических сплавов. /Лек/	1	1	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			



3.12	Изучение зависимости электрического сопротивления аморфного сплава от температуры. /Пр/	1	2	ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
------	---	---	---	--	------------------------------------	--	--	--

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Контрольная работа Формирование неравновесных систем	ОПК-3-У1;ОПК-3-В1;ОПК-3-В2	1 «Формирование неравновесных систем» 2. Чем равновесная система отличается от неравновесной? 3. Каким способом можно систему из неравновесного состояние перевести в равновесное? 4. Какие механизмы фазовых переходов существуют? 5. Приведите примеры механизмов фазовых превращений. 6. Как скорость фазовых превращений зависит от переохлаждения? 7. Как соотносятся скорости диффузионного и бездиффузионного фазового превращения? 8. В результате бездиффузионного превращения получают равновесные или неравновесные фазы? 9. Как внешние воздействия могут влиять на равновесность систем?
КМ2	Контрольная работа Структура и стабильность неравновесных систем	ПК-3-В1;ПК-3-У1;ПК-3-31;ОПК-1-У1;ОПК-3-В2	1. Какова роль в формировании наноструктуры в сплаве типа Finemet меди и ниобия? 2. Можно ли получить наноструктуры в сплавах аналогичных Finemet,у без меди? Без ниобия? Какими элементами их можно заменить? 3. Какими факторами определяется стабильность аморфно-нанокристаллических систем? 4. Как зависит стабильность аморфно-нанокристаллического сплава от количества аморфной фазы? 5. Какими способами можно получить наноструктуру? 6. Как размер структурных составляющих влияет на равновесную растворимость одних элементов в других? 7. Насколько быстро могут проходить процессы коалесценции по Оствальду в реальных условиях, когда их надо учитывать. 8. Существует ли ближний порядок в аморфных сплавах? 9. Существует ли ближний порядок в кристаллических сплавах? 10. Как степень ближнего порядка может отражаться на результатах структурных исследований?

КМЗ	Контрольная работа Транспортные свойства неравновесных систем	ОПК-3-У1;ОПК-3-В1;ОПК-3-В2;ОПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-3-У1;ПК-3-31	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие классификации физических свойств Вы знаете?</li> <li>2. Приведите примеры физических свойств, относящихся к структурно-чувствительным свойствам.</li> <li>3. Приведите примеры физических свойств, относящихся к структурно-нечувствительным свойствам.</li> <li>4. Предложите эксперимент, с помощью которого можно определить, является ли свойство структурно-чувствительным или нет.</li> <li>5. Сколько типов волн может распространяться в кристаллической решетке?</li> <li>6. Какие типы упругих волн могут распространяться в кристаллической решетке?</li> <li>7. Опишите (в том числе и графически) зависимость частоты упругих колебаний от волнового вектора.</li> <li>8. Что такое теплоемкость?</li> <li>9. Почему теплоемкость при постоянном давлении всегда выше, чем при постоянном объеме?</li> <li>10. Перечислите основные составляющие теплоемкости.</li> <li>11. При каких температурах справедлив закон Дюлонга-Пти?</li> <li>12. Каковы основные предположения теории теплоемкости Эйнштейна?</li> <li>13. Каковы недостатки теории Эйнштейна?</li> <li>14. В каком предположении проявляется квантовый характер теории теплоемкости Эйнштейна?</li> <li>15. Какую составляющую теплоемкости описывают теории Эйнштейна и Дебая?</li> <li>16. Чем нормальные колебания в теории Дебая отличаются от колебаний атомов в теории Эйнштейна?</li> <li>17. Чему равно общее число нормальных колебаний?</li> <li>18. Как выглядит температурная зависимость теплоемкости твердого тела в модели Дебая?</li> <li>19. От каких факторов зависит температура Дебая?</li> <li>20. Какие значения теплоемкости предсказывает теория Дебая при низких и высоких температурах?</li> <li>21. Что такое фононы? Как число фононов зависит от температуры?</li> <li>22. Чем фононы отличаются от обычных частиц?</li> <li>23. При каких температурах вакансии вносят заметный вклад в теплоемкость?</li> <li>24. Какие электроны вносят вклад в теплоемкость?</li> <li>25. Как электронная теплоемкость зависит от энергии Ферми?</li> <li>26. Почему для переходных металлов коэффициент электронной теплоемкости имеет, как правило, более высокое значение, чем для нормальных металлов?</li> <li>27. Каковы основные механизмы переноса тепла в твердых телах?</li> <li>28. В чем состоит кинетическая теория теплопроводности?</li> <li>29. Каковы основные механизмы рассеяния фононов?</li> <li>30. Почему на теплопроводность оказывают влияние процессы переброса, а не нормальные процессы?</li> </ol>
-----	---	---	---

**5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)**

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Контрольная работа	ОПК-3-У1;ОПК-3-В1;ОПК-3-В2;ОПК-3-У1;ПК-3-31	Формирование неравновесных систем
P2	Контрольная работа	ПК-3-В1;ПК-3-У1;ПК-3-31;ОПК-1-У1;ОПК-3-В1;ОПК-3-В2	Структура и стабильность неравновесных систем
P3	Контрольная работа	ОПК-3-В2;ОПК-1-У1;ПК-3-31;ПК-3-У1;ОПК-3-В1	Транспортные свойства

**5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)**

1. Какие основные механизмы рассеяния учитываются при оценке удельного электросопротивления?
2. Как влияют межузельные атомы на удельное электрическое сопротивление?
3. Как влияют дислокации на удельное электрическое сопротивление?
4. Как влияют границы зерен на удельное электрическое сопротивление?
5. Почему отличается электросопротивление s- и d-металлов?
6. В каких случаях нужно учитывать s-d-рассеяние, приведите примеры элементов.
7. Что отражает правило Маттиссена?
8. Почему при образовании твердых растворов электросопротивление увеличивается?
9. Как зависит от концентрации электросопротивление твердых растворов простых металлов?
10. Как влияет упорядочение на электросопротивление твердых растворов?
11. Как может изменяться электросопротивление гетерогенных сплавов?
12. Каким образом влияет на уровень электросопротивления образование химических соединений?
13. Сравните электросопротивление кристаллических и аморфных сплавов.
14. Как электросопротивление кристаллических сплавов зависит от температуры?
15. Как меняется электропроводность при аморфизации сплава?
16. Как меняется электросопротивление аморфного сплава при нагреве?
17. От каких факторов зависит изменение электросопротивления аморфных сплавов при повышении температуры?
18. Какова длина свободного пробега электронов в аморфных сплавах?
19. Сравните электропроводность одного и того же сплава в кристаллическом, аморфном и нанокристаллическом состоянии

**5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)**

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно применяет полученные знания на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, четко излагает материал.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляет их после дополнительных и наводящих вопросов.

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания для решения простых задач, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

Оценка «неявка» – обучающийся на экзамен не явился.

**6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ****6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Кринчик Г. С.	Физика магнитных явлений	Электронная библиотека	Москва: Московский университет, 1976
Л1.2	Прокошин А. Ф., Люборский Ф. Е.	Аморфные металлические сплавы: пер. с англ. : монография	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1987

**6.1.2. Дополнительная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Киттель Ч., Гусев А. А.	Введение в физику твердого тела: учеб. руководство	Библиотека МИСиС	М.: МедиаСтар, 2006
Л2.2	Кекало И. Б., Самарин Б. А.	Физическое металловедение прецизионных сплавов. Сплавы с особыми магнитными свойствами: учебник для вузов по спец. 'Физика металлов'	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1989

**6.1.3. Методические разработки**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Аронин А. С., Гончаров В. А., Суворов Э. В., др., Суворов Э. В.	Физико-химия и технология аморфных и микрокристаллических сплавов: Лаб. практикум для студ. спец. 11.05	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1988

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»		
Э1	Физические свойства наноматериалов	: www.nano-obr.ru
6.3 Перечень программного обеспечения		
П.1	Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr	
П.2	ESET NOD32 Antivirus	
П.3	Win Pro 10 32-bit/64-bit	
6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных		
И.1	Федеральный портал «Российское образование» http://edu.ru;	

<b>7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ</b>		
Ауд.	Назначение	Оснащение
А-323а	Аудитория для самостоятельной работы	комплект учебной мебели пакет на 6 рабочих мест с компьютерами, принтер, лицензионных программ MS Office
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus

<b>8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ</b>	
Дисциплина относится к точным наукам и требует значительного объема самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей и рубежной аттестации.	