

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 03.10.2023 10:22:40

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

18.04.01 Химическая технология

Профиль

Технология наноструктурированных композиционных материалов

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	
	УП	РП	УП	РП
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 18.04.01 Химическая технология (приказ от 30.11.2022 г. № 636 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

18.04.01 Химическая технология, 18.04.01 МХТ-23-1.plx Технология наноструктурированных композиционных материалов, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

18.04.01 Химическая технология, Технология наноструктурированных композиционных материалов, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра физической химии**

Протокол от 22.06.2022 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
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Конструкции накопителей электрической энергии	
2.2.2	Научно-исследовательская практика	
2.2.3	Неравновесные конденсированные системы, часть 2	
2.2.4	Определение размерных характеристик наноструктурированных композиционных материалов	
2.2.5	Получение и свойства материалов электродов	
2.2.6	Термодинамическое моделирование химических процессов в многокомпонентных гетерогенных системах	
2.2.7	Углеродосодержащие материалы, композиты	
2.2.8	Современные химические технологии	
2.2.9	Преддипломная практика	
2.2.10	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	

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

<b>ПК-1: Способен проводить контроль технологических параметров и режимов синтеза полимерных и композиционных материалов</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-1-31 основные характеристики структуры и свойств неравновесных систем (аморфных, нанокристаллических).	
<b>Уметь:</b>	
ПК-1-У3 анализировать информацию о структуре и физических свойствах твердых тел	
ПК-1-У2 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.	
ПК-1-У1 применять методы исследования структуры, а также термического, магнитного и электрического анализов для решения материаловедческих и физических задач;	
<b>Владеть:</b>	
ПК-1-В3 навыками использования методов определения структуры и физических свойств неравновесных материалов, техники проведения экспериментов и статистической обработки экспериментальных данных	
ПК-1-В2 опытом применения на практике методов обработки и анализа экспериментальной физической информации;	
ПК-1-В1 опытом оценки влияния различных факторов на уровень и закономерности эволюции структуры и физических свойств материалов;	

## 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	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	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	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.3	Подготовка к контрольным работам. Изучение лекционного материала /Ср/	1	26	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	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	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.5	Подготовка к контрольным работам. Изучение лекционного материала /Ср/	1	13	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.6	Бездиффузионные фазовые переходы /Лек/	1	1	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.7	Подготовка к контрольным работам. Изучение лекционного материала /Ср/	1	6	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	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	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			

1.9	Подготовка к контрольным работам. Изучение лекционного материала /Ср/	1	6	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	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	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.11	Подготовка к контрольным работам. Изучение лекционного материала /Ср/	1	6	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	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	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	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	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1		КМ1	Р1
1.14	Подготовка к контрольным работам. Изучение лекционного материала /Ср/	1	6	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	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 р, п типа. /Лек/	1	1	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.2	Оценка термодинамических свойств аморфных сплавов на основе ассоциативной модели /Пр/	1	1	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.3	Подготовка к контрольным работам. Изучение лекционного материала /Ср/	1	10	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	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 (микрористаллические модели структуры аморфных сплавов). Эволюция представлений /Лек/	1	1	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.5	Дифференциальный термический анализ фазовых превращений при нагреве аморфных сплавов /Пр/	1	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.6	Подготовка к контрольным работам. Изучение лекционного материала /Ср/	1	10	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	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	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	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	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.9	Подготовка к контрольным работам. Изучение лекционного материала /Ср/	1	7	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	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	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.11	Распад пересыщенных растворов. Возникновение нанакристаллических структур на первой стадии контролируемой кристаллизации аморфных сплавов. Способы образования нанокристаллических структур /Лек/	1	1	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			

2.12	Определение параметров нанструктур, образованных при кристаллизации аморфных сплавов по рентгеноструктур-ным данным /Пр/	1	1	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1		КМ2	Р2
2.13	Подготовка к контрольным работам. Изучение лекционного материала /Ср/	1	6	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	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	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	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	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.2	Дифференциальный термический анализ фазовых превращений при нагреве аморфных сплавов /Пр/	1	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	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. Ангармонизм колебаний атомов. Влияние на теплопроводность дефектов кристаллического строения /Лек/	1	1	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.4	Подготовка к контрольным работам. Изучение лекционного материала /Ср/	1	4	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	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	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	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	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			

3.7	Подготовка к контрольным работам. Изучение лекционного материала /Ср/	1	5	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.8	Влияние магнитного взаимодействия на тепловое расширение. Инвары. Теплопроводность конденсированных систем /Лек/	1	1	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	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	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1		КМ3	Р3
3.10	Подготовка к контрольным работам. Изучение лекционного материала /Ср/	1	5	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	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	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.12	Изучение зависимости электрического сопротивления аморфного сплава от температуры. /Пр/	1	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-У3 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-1-В3	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	ПК-1-31; ПК-1-У1; ПК-1-У2; ПК-1-У3; ПК-1-В1; ПК-1-В2; ПК-1-В3	1 «Формирование неравновесных систем» 2. Чем равновесная система отличается от неравновесной? 3. Каким способом можно систему из неравновесного состояния 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-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-У3;ПК-1-В1;ПК-1-В2;ПК-1-В3	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Какова роль в формировании наноструктуры в сплаве типа Finemet меди и ниобия?</li><li>2. Можно ли получить наноструктуры в сплавах аналогичных Finemet, у без меди? Без ниобия? Какими элементами их можно заменить?</li><li>3. Какими факторами определяется стабильность аморфно-нанокристаллических систем?</li><li>4. Как зависит стабильность аморфно-нанокристаллического сплава от количества аморфной фазы?</li><li>5. Какими способами можно получить наноструктуру?</li><li>6. Как размер структурных составляющих влияет на равновесную растворимость одних элементов в других?</li><li>7. Насколько быстро могут проходить процессы коалесценции по Оствальду в реальных условиях, когда их надо учитывать.</li><li>8. Существует ли ближний порядок в аморфных сплавах?</li><li>9. Существует ли ближний порядок в кристаллических сплавах?</li><li>10. Как степень ближнего порядка может отражаться на результатах структурных исследований?</li></ol>
-----	--	---	--

КМЗ	Контрольная работа Транспортные свойства неравновесных систем	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-У3;ПК-1-В1;ПК-1-В2;ПК-1-В3	<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	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-У3;ПК-1-В1;ПК-1-В3;ПК-1-В2	Формирование неравновесных систем
P2	Контрольная работа	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-У3;ПК-1-В1;ПК-1-В2;ПК-1-В3	Структура и стабильность неравновесных систем
P3	Контрольная работа	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-У3;ПК-1-В1;ПК-1-В2;ПК-1-В3	Транспортные свойства

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

Экзамен не предусмотрен

**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	: <a href="http://www.nano-obr.ru">www.nano-obr.ru</a>
----	------------------------------------	--

**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» <a href="http://edu.ru">http://edu.ru</a> ;
-----	---

**7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

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, ПКс 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, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

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.