

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 30.01.2023 16:41:18

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98bc3de2ab454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Атомное строение неорганических материалов

Закреплена за подразделением

Кафедра физического материаловедения

Направление подготовки

22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Физика и технологии функциональных материалов

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 3

аудиторные занятия

17

самостоятельная работа

91

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	19			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	17	17	17	17
Контактная работа	17	17	17	17
Сам. работа	91	91	91	91
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

*кфмн, заведующий кафедры, Савченко Александр Григорьевич*

Рабочая программа

**Атомное строение неорганических материалов**

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 22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.04.01 Материаловедение и технологии материалов, 22.04.01-ММТМ-22-7.plx Физика и технологии функциональных материалов, утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.01 Материаловедение и технологии материалов, Физика и технологии функциональных материалов, утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра физического материаловедения**

Протокол от 11.04.2022 г., №8-04

Руководитель подразделения Савченко А.Г.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Сформировать компетенции, предусмотренные учебным планом; Научить использовать закономерности атомного строения и электронной структуры неорганических материалов для анализа и прогнозирования химического взаимодействия компонентов, устойчивости фаз в конденсированном состоянии, а также их свойств и особенностей фазовых превращений в твердом состоянии.
-----	---

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Дифракционные и микроскопические методы	
2.1.2	Магнитомягкие материалы: технологии получения и обработки	
2.1.3	Методы исследования макро- и микроструктуры материалов	
2.1.4	Физика магнетизма. Часть 2. Магнетизм материалов	
2.1.5	Материаловедение и технологии перспективных материалов	
2.1.6	Метрология и испытания функциональных материалов	
2.1.7	Структурные методы исследования наноматериалов	
2.1.8	Теория фаз и фазовых превращений	
2.1.9	Учебная практика	
2.1.10	Физика магнетизма. Часть 1. Магнетизм веществ	
2.1.11	Физические свойства наноматериалов	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	

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

<b>ПК-5: Способен планировать и осуществлять экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать результаты, делать выводы, составлять и оформлять отчеты по проведенным исследованиям в области материаловедения и технологии материалов</b>
<b>Знать:</b>
ПК-5-31 основные понятия и представления об атомных механизмах фазовых превращений для прогнозирования структуры и свойств сплавов
<b>ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов и знаний в междисциплинарных областях</b>
<b>Знать:</b>
ОПК-1-31 основные понятия и выражения кристаллохимии неорганических материалов для прогнозирования химического взаимодействия
<b>ПК-5: Способен планировать и осуществлять экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать результаты, делать выводы, составлять и оформлять отчеты по проведенным исследованиям в области материаловедения и технологии материалов</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-5-У3 обосновывать на основе результатов анализа возможные пути, меры и средства управления качеством материалов посредством формирования сплавов, содержащих определенные фазы с заданными химической связью, атомной структурой и микроструктурой
ПК-5-У2 устанавливать с использованием различных методов и подходов возможные причины формирования тех или иных свойств сплавов, и давать рекомендации по выбору компонентов и обработки с целью формирования благоприятного фазового состава и свойств неорганических материалов
ПК-5-У1 описывать атомную структуру и химическую связь, физические свойства неорганических материалов
<b>ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов и знаний в междисциплинарных областях</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-1-У1 применять полученные знания для обоснованного прогноза химического взаимодействия компонентов, оценки устойчивости, определения преобладающего характера химической связи, прогнозирования структуры и свойств неорганических материалов

**ПК-5: Способен планировать и осуществлять экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать результаты, делать выводы, составлять и оформлять отчеты по проведенным исследованиям в области материаловедения и технологии материалов**

**Владеть:**

ПК-5-В2 основными понятиями и выражениями кристаллохимии неорганических материалов для выполнения прогноза химического взаимодействия компонентов в различных системах, оценки устойчивости твердых растворов и промежуточных фаз, прогноза структуры и свойств сплавов

ПК-5-В1 навыком логического творческого и системного мышления

**ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов и знаний в междисциплинарных областях**

**Владеть:**

ОПК-1-В1 самостоятельной работы с литературой для поиска информации об отдельных определениях, понятиях и терминах, объяснения их применения в практических ситуациях; решения теоретических и практических типовых и системных задач, связанных с профессиональной деятельностью

#### 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. Раздел 1. Классификация конденсированных сред. Кристаллическая структура элементов и твердых растворов. Электронная структура кристаллов.</b>							
1.1	Классификация конденсированных состояний неорганических веществ по типу химической связи и атомной структуре. Кристаллическая структура чистых элементов. Структура В-элементов II-V групп, правило «8-N». Атомная структура углерода. Фуллерены. Кристаллическая структура металлов. Полиморфизм. Электронная структура кристаллов. Энергетический спектр электронов, поверхность Ферми, обратное пространство, зоны Бриллюэна. /Ср/	3	6	ОПК-1-В1	Л1.8 Л1.10Л2.2 Э1 Э2			
1.2	Кристаллическая структура твердых растворов. Термодинамическое описание. Энергия смещения и анализ диаграмм состояния. Теория ограниченной растворимости элементов II -V групп в металлах группы меди. Теория Джонса-Конобеевского. /Ср/	3	6	ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2	Л1.2Л2.3 Л2.4 Э1 Э2			

1.3	Атомное упорядочение. Сверхструктуры на основе ГЦК и ОЦК решеток. Дальний и ближний порядок. Температурная зависимость степени порядка. /Ср/	3	6	ОПК-1-В1	Л2.4Л2.3 Э1 Э2			
1.4	Расчет энергии Маделунга. Системы атомных, ионных и ковалентных радиусов. Задача на дом: оценка преобладающего характера химической связи. /Пр/	3	1	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.5Л2.2 Э1 Э2			Р2
1.5	Концентрационные зависимости периодов решетки твердых растворов. Определение типа твердого раствора. Выдача тем рефератов. /Пр/	3	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.8Л2.3 Э1 Э2			Р3
1.6	Основные типы сверхструктур (работа с моделями). /Пр/	3	1	ОПК-1-31	Л1.5Л2.3 Э1 Э2			Р4
1.7	Расчеты энергии смещения и анализ диаграмм состояния. /Пр/	3	1	ПК-5-У2 ПК-5- -В1 ПК-5-В2	Л1.2Л2.2 Э1 Э2			Р5
1.8	Расчеты степени дальнего порядка по данным компьютерного моделирования и по результатам экспериментов. /Пр/	3	2	ПК-5-31 ПК-5- У1 ПК-5-У3	Л2.4Л2.3 Э1 Э2			Р6
1.9	Подготовка реферата на выбранную тему /Ср/	3	10	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Э1 Э2			Р1
1.10	Подготовка к устному опросу по разделу 1 /Ср/	3	7	ОПК-1-31 ОПК-1-В1	Л1.3 Л1.5 Л1.8 Л1.10Л2.2 Л2.4			
	<b>Раздел 2. Раздел 2. Кристаллохимия промежуточных фаз.</b>							
2.1	Металлические соединения, их классификация. Фактор электронной концентрации и его проявление в фазах Юм-Розери, $\square$ -FeCr и родственных им фазах, а также соединениях В-элементов. Принцип плотной упаковки и его реализация в структурах металлических соединений. /Ср/	3	4	ПК-5-31 ПК-5- У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5- -В1 ПК-5-В2	Л1.5 Э1 Э2			
2.2	Фазы Лавеса и родственные им соединения. Фазы с решеткой типа NiAs и родственные им соединения. Фазы со структурой типа Cr3Si. /Ср/	3	3	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.2 Л1.10Л2.3 Э1 Э2			

2.3	Соединения металлов с неметаллами. Полупроводники с алмазоподобной решеткой. Ионные кристаллы. Фазы внедрения. /Ср/	3	3	ОПК-1-В1 ПК-5-31 ПК-5-В1	Л2.4 Э1 Э2			
2.4	Кристаллические структуры интерметаллидов (работа с моделями). /Пр/	3	1	ПК-5-У1 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2	Л1.2 Э1 Э2			Р7
2.5	Кристаллические структуры соединений металл-неметалл. /Пр/	3	1	ОПК-1-У1	Л1.5 Л2.4 Э1 Э2			Р8
2.6	Кинетика кристаллизации. Анализ уравнения Колмогорова-Аврами. Защита рефератов. /Пр/	3	2	ПК-5-В1 ПК-5-В2	Л1.9Л2.3 Э1 Э2			Р9,Р1
	<b>Раздел 3. Раздел 3. Структура расплавов и твердых аморфных тел, квазикристаллы и нанокристаллическое состояние твердых тел.</b>							
3.1	Структура расплавленных металлов и сплавов. Аморфное состояние. /Ср/	3	4	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.10Л2.2			
3.2	Квазикристаллические фазы. Нанокристаллическое состояние. Наноматериалы. /Ср/	3	4	ОПК-1-В1	Л1.4 Л1.5			
3.3	Процессы аморфизации и кристаллизация аморфных сплавов. /Пр/	3	1	ПК-5-У1 ПК-5-У3	Л1.1 Л1.4			Р10
	<b>Раздел 4. Раздел 4. Атомные механизмы фазовых превращений в конденсированных системах. Затвердевание расплавов. Диффузия в твердых телах и жидкостях.</b>							
4.1	Кристаллизация как фазовый переход I рода. Кристаллизация чистых веществ. Термодинамика, кинетика, механизмы зарождения и роста кристаллов. /Ср/	3	2	ОПК-1-В1	Л1.9			
4.2	Особенности кристаллизации сплавов. Концентрационное переохлаждение. Эвтектическая кристаллизация. Кристаллизация при больших переохлаждениях. /Ср/	3	2	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.9			
4.3	Диффузия в твердых телах и дефекты решетки. Диффузия в реальных растворах. Гетеродиффузия. Реактивная диффузия. Аномалии диффузии. Диффузия в жидкостях. /Ср/	3	3	ОПК-1-31 ОПК-1-В1	Л1.6Л2.1			

4.4	Решение задач по диффузии. /Пр/	3	1	ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В1 ПК-5-В2	Л1.6 Л1.7Л3.1			P11
4.5	Кинетика процессов распада твердых растворов. /Пр/	3	1	ПК-5-У3 ПК-5-В2	Л1.2 Л1.10			P12
4.6	Подготовка к устному опросу по 2-4 разделам /Ср/	3	7	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.9Л2.1 Л2.2			
	<b>Раздел 5. Раздел 5. Атомные механизмы фазовых превращений в твердом состоянии. Массивные и мартенситные превращения.</b>							
5.1	Классификация фазовых превращений в твердом состоянии. Роль упругой и поверхностной энергий в формировании микроструктуры. /Ср/	3	3	ОПК-1-31 ОПК-1-В1	Л1.2 Л2.4Л2.2			
5.2	Аллотропические превращения в чистых металлах. Превращения в железе и сталях: термодинамика, кинетика, механизмы. Массивное превращение, термодинамика, кинетика, условия его протекания. /Ср/	3	4	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.5 Л1.8			
5.3	Особенности мартенситного превращения. Кристаллографическая теория мартенситных превращений в сталях. Морфология и субструктура мартенситных кристаллов в сталях. /Ср/	3	3	ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В2	Л1.3			
5.4	Превращения в титане и твердых растворах на его основе; образование омега-фазы. Мартенситные превращения в промежуточных фазах. /Ср/	3	4	ОПК-1-В1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В2	Л1.3Л2.3			
5.5	Аллотропические превращения в металлах. Кристалл-геометрический анализ полиморфных превращений в Fe, Co. /Пр/	3	1	ПК-5-У1 ПК-5-У2 ПК-5-У3 ПК-5-В2	Л1.3 Л1.7Л2.2			P13
5.6	Кинетика полиморфного превращения в сталях. /Пр/	3	1	ОПК-1-31 ПК-5-В1 ПК-5-В2	Л1.3			P14
5.7	Анализ ориентационных соотношений и морфология выделений. /Пр/	3	1	ПК-5-В2	Л1.10 Л2.4			P15
	<b>Раздел 6. Раздел 6. Диффузионные превращения в твердом состоянии.</b>							

6.1	Непрерывное и прерывистое превращения. Стадии диффузионного превращения. Распад пересыщенных твердых растворов. Типы распада, стадии распада, влияние пересыщения. /Ср/	3	2	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.6Л2.1			
6.2	Спинодальный распад. Влияние дефектов решетки на старение сплавов. Возврат при старении. Превращение в мартенсите при отпуске стали. /Ср/	3	2	ОПК-1-В1	Л1.3Л2.1			
6.3	Подготовка к устному опросу по разделу 5,6 /Ср/	3	6	ОПК-1-31 ОПК-1-В1	Л1.2 Л1.5 Л1.7 Л1.10Л2.1 Л2.2			

### 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	Зачет с оценкой	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ПК-5-31;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-У3;ПК-5-В1;ПК-5-В2	<p>Вопросы для самостоятельной подготовки</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Промежуточные фазы. Фазы Юма-Розери (электронные соединения). Основные закономерности образования</li> <li>- Фазы Юма-Розери (электронные соединения)</li> <li>- <math>\sigma</math>-фазы и родственные им фазы</li> <li>- Фазы Лавеса <math>MgCu_2, MgNi_2, MgZn_2</math></li> <li>- Интерметаллические соединения в системах РЗМ-переходные металлы группы Fe со стехиометрией <math>RT_5</math> и <math>R_2T_{17}</math>. Примеры</li> <li>- Классификация фазовых переходов по Эренфесту. Как изменяются термодинамические величины при фазовых переходах I и II рода?</li> <li>- Гомогенная зарождение фаз. Движущие силы. Что такое зародыш критического размера (при кристаллизации)? Укажите зависимость этого размера от переохлаждения и других факторов при гомогенной кристаллизации.</li> <li>- Гетерогенное зарождение фаз. Места и схема зарождения. Что такое зародыш критического размера (при кристаллизации)? Укажите зависимость этого размера от переохлаждения и других факторов при гомогенной кристаллизации.</li> <li>- Провести анализ уравнения Колмогорова-Аврами. Описать: а) символы, входящие в уравнение; б) предположения, принятые А.Н. Колмогоровым при выводе; в) ограничения в использовании; г) необходимые изменения для случая кристаллизации сплава.</li> <li>- Особенности кристаллизации сплавов. Коэффициент распределения. Концентрационное переохлаждение</li> <li>- Объяснить необходимость переохлаждения при затвердевании расплава как фазового перехода I рода. В каком случае требуется большее переохлаждение: (а) для реализации гомогенной кристаллизации; (б) для реализации гетерогенной кристаллизации.</li> <li>- Принципы и механизм эвтектической кристаллизации. Какая из двух фаз, образующих эвтектику, выполняет роль "ведущей", в чем состоит её особенность?</li> <li>- Описать морфологию поверхности раздела при кристаллизации сплава в зависимости от температуры ликвидус и градиента температуры (фактической температуры) перед фронтом кристаллизации.</li> <li>- Приведите связь ретикулярной плотности (L) граней кристалла с его атомной структурой. Укажите (качественно) влияние L на удельную поверхностную энергию кристалла. Назовите грани с максимальной L для кристаллов с примитивной кубической</li> </ul>



			<p>решёткой (ОЦК, ГЦК).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Опишите структуру атомно-шероховатой (атомно-гладкой) поверхности.</li> <li>- Сформулируйте идею эксперимента, показавшего возможность гомогенного зарождения при кристаллизации (по Тарнбаллу).</li> <li>- Проведите анализ концентрационной зависимости коэффициента диффузии в реальных твердых растворах в случае бинарной системы, характеризующейся энергией смешения <math>\chi u &lt; 0</math>. Используйте представление о термодинамическом множителе коэффициента диффузии. Как изменится коэффициент диффузии при атомном упорядочении?</li> <li>- При каких условиях в сплаве заданного состава кристаллизация может идти без изменения химического состава. Приведите термодинамическое обоснование.</li> <li>- В чем различие диффузионного и бездиффузионного фазовых превращений?</li> <li>- Назовите и поясните возможные причины аномально быстрой диффузии в сплавах.</li> <li>- Опишите все стадии формирования выделений при распаде твердого раствора. Укажите зависимость размера частиц на каждой стадии от времени (по Любому).</li> <li>- Объясните явление коллоидного равновесия. В чем состоит явление коалесценции по Конобеевскому?</li> <li>- Используя схему изменения свободной энергии от концентрации твердого раствора с учетом возможного расслоения и образования промежуточных фаз (метастабильной и стабильной), показать связь числа стадий распада твердого раствора с его пересыщением.</li> <li>- Приведите схему изменения концентрации компонента для случая спинодального (ячеистого, непрерывного) распада. Каким образом будет меняться зависимость <math>s(x)</math> с ростом времени?</li> <li>- Приведите схему концентрационных изменений для случая ячеистого распада твердого раствора.</li> <li>- Объясните термины «однофазный» и «двухфазный» распад. Изобразите схему изменения содержания компонентов при непрерывном (ячеистом) распаде.</li> <li>- В чем проявляется влияние дислокаций на процесс распада пересыщенного твердого раствора?</li> </ul>
<b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)</b>			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы

P1	Реферат	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ПК-5-31;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-У3;ПК-5-В1;ПК-5-В2	<p>Подготовка реферата и опрос по разделам курса</p> <p>Темы рефератов</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Твёрдые растворы. Типы. Энтропия смешения. Факторы, определяющие пределы взаимной растворимости компонентов</li> <li>2. Упорядоченные твёрдые растворы. Термодинамика процессов упорядочения</li> <li>3. Упорядочение. Сверхструктуры на основе ГЦК решётки</li> <li>4. Упорядочение. Сверхструктуры на основе ОЦК решётки</li> <li>5. Сплавы Гейслера. Структура и свойства</li> <li>6. Ближний порядок. Термодинамика ближнего порядка и методы исследования</li> <li>7. Промежуточные фазы. Определения. Фазы Юма-Розери (электронные соединения). Основные закономерности образования</li> <li>8. Промежуточные фазы. Определения. <math>\sigma</math>-фазы и родственные им фазы. Полиэдры Франка-Каспера</li> <li>9. Промежуточные фазы. Определения. Фазы Лавеса типа <math>MgCu_2</math>. Примеры</li> <li>10. Промежуточные фазы. Определения. Фазы Лавеса типа <math>MgNi_2</math>. Примеры</li> <li>11. Промежуточные фазы. Определения. Фазы Лавеса типа <math>MgZn_2</math>. Примеры</li> <li>12. Промежуточные фазы. Определения. Фазы со стехиометрией АВ. Примеры</li> <li>13. Промежуточные фазы. Определения. Фазы со стехиометрией АЗВ. Примеры</li> <li>14. Промежуточные фазы. Определения. Интерметаллические соединения в системах РЗМ-переходные металлы группы Fe со стехиометрией <math>RT_5</math>. Примеры</li> <li>15. Промежуточные фазы. Определения. Интерметаллические соединения в системах РЗМ-переходные металлы группы Fe со стехиометрией <math>RT_5</math>. Примеры</li> <li>16. Промежуточные фазы. Определения. Интерметаллические соединения в системах РЗМ-переходные металлы группы Fe со стехиометрией <math>R_2T_7</math>. Примеры</li> <li>17. Промежуточные фазы. Определения. Интерметаллические соединения в системах РЗМ-переходные металлы группы Fe со стехиометрией <math>R_3T_9</math>. Примеры</li> <li>18. Промежуточные фазы. Определения. Интерметаллические соединения в системах РЗМ-переходные металлы группы Fe со стехиометрией <math>RT_{12}</math>. Примеры</li> <li>19. Промежуточные фазы. Определения. Интерметаллические соединения в системах РЗМ-переходные металлы группы Co со стехиометрией <math>RT_5</math>. Примеры</li> <li>20. Фазы внедрения. Определения и стехиометрия. «Геометрический» фактор – правило Хэгга. Примеры</li> </ol>
P2	Практическая работа 1	ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Расчет энергии Маделунга. Системы атомных, ионных и ковалентных радиусов. Задача на дом: оценка преобладающего характера химической связи
P3	Практическая работа 2	ОПК-1-31;ОПК-1-У1	Концентрационные зависимости периодов решетки твердых растворов. Определение типа твердого раствора. Выдача тем рефератов.
P4	Практическая работа 3	ОПК-1-31	Основные типы сверхструктур (работа с моделями).
P5	Практическая работа 4	ПК-5-В2;ПК-5-В1;ПК-5-У2	Расчеты энергии смешения и анализ диаграмм состояния.
P6	Практическая работа 5	ПК-5-У1;ПК-5-У3;ПК-5-31	Расчеты степени дальнего порядка по данным компьютерного моделирования и по результатам экспериментов.
P7	Практическая работа 6	ПК-5-В1;ПК-5-В2;ПК-5-У3;ПК-5-У1	Кристаллические структуры интерметаллидов (работа с моделями).
P8	Практическая работа 7	ОПК-1-У1	Кристаллические структуры соединений металл- неметалл.

P9	Практическая работа 8	ПК-5-В2;ПК-5-В1	Кинетика кристаллизации. Анализ уравнения Колмогорова-Аврами. Защита рефератов.
P10	Практическая работа 9	ПК-5-У1;ПК-5-У3	Процессы аморфизации и кристаллизация аморфных сплавов.
P11	Практическая работа 10	ПК-5-В2;ПК-5-В1;ПК-5-У3;ПК-5-У2;ПК-5-У1;ПК-5-31	Решение задач по диффузии.
P12	Практическая работа 11	ПК-5-В2;ПК-5-У3	Кинетика процессов распада твердых растворов.
P13	Практическая работа 12	ПК-5-В2;ПК-5-У3;ПК-5-У2;ПК-5-У1	Аллотропические превращения в металлах. Кристалл-геометрический анализ полиморфных превращений в Fe, Co.
P14	Практическая работа 13	ОПК-1-31;ПК-5-В2;ПК-5-В1	Кинетика полиморфного превращения в сталях.
P15	Практическая работа 14	ПК-5-В2	Анализ ориентационных соотношений и морфология выделений

### 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)

По курсу предусмотрен зачет с оценкой. Зачет проставляется с учётом оценок текущего контроля (результатов устных опросов и оценок, полученных за реферат).

Оценка «отлично»

– обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний 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, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал.

Оценка «удовлетворительно»

– обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике.

Оценка «неудовлетворительно»

– обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные или некорректные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

Оценка «не явка»

– не явился на контрольные мероприятия в семестре.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Кобеко П. П., Иоффе А. Ф., Васильев С. Ф.	Аморфное состояние	Электронная библиотека	Ленинград, Москва: Государственное технико-теоретическое изд-во, 1933
Л1.2	Юм-Розери Ю.	Введение в физическое металловедение: монография	Электронная библиотека	Б.м.: Металлургия, 1965
Л1.3	Носков Ф. М.	Структурная самоорганизация в областях локализации пластической деформации в сплавах с мартенситными превращениями (системы Fe–Mn, Ni–Ti): монография	Электронная библиотека	Красноярск: Сибирский федеральный университет (СФУ), 2017

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.4	Кекало И. Б., Шуваева Е. А.	Аморфные нано- и микрокристаллические магнитные материалы: лаб. практикум: учеб. пособие для студ. вузов напр. Физ. материаловедение и спец. Наноматериалы	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2008
Л1.5	Ягодкин Ю. Д., Свиридова Т. А.	Атомное строение фаз. Кристаллохимия твердых растворов и промежуточных фаз. Структура аморфных, квазикристаллических и нанокристаллических материалов: курс лекций для студ. спец. - 'Физика металлов' и 'Наноматериалы'	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2007
Л1.6	Бокштейн Б. С.	Диффузия в металлах: учеб. пособие для студ. вузов по спец.- Физика металлов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1978
Л1.7	Бокштейн С. З.	Диффузия и структура металлов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1973
Л1.8	Уманский Я. С., Скаков Ю. А., Иванов А. Н., Расторгуев Л. Н.	Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1982
Л1.9	Кузнецов В. Д.	Кристаллы и кристаллизация	Библиотека МИСиС	М.: Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1954
Л1.10	Уманский Я. С., Скаков Ю. А.	Физика металлов. Атомное строение металлов и сплавов: учебник для студ. вузов спец. -Физика металлов	Библиотека МИСиС	М.: Атомиздат, 1978

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Барсуков А. Д., Кузнецов Г. М.	Физическое материаловедение: Разд.: Диффузия и физические свойства металлов и сплавов: Курс лекций	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1999
Л2.2	Скаков Ю. А., Чириков Н. В., Ягодкин Ю. Д., Свиридова Т. А.	Физика конденсированного состояния: Справочные материалы для студ. спец. 0708, 0709, 510.403, 510411	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2000
Л2.3	Дьяконова Н. П., Иванов А. Н., Гришина Р. П.	Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия: Разд.: Микрорентгеноспектральный анализ: метод. указания для выполнения дом. заданий 'Расчет концентраций элементов по данным MAP' для студ. спец. 11.01, 11.04, 11.05, 11.06, 11.07, 11.10, 11.04а	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1991

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.4	Дьяконова Н. П., Расторгуев Л. Н., Скаков Ю. А., Скаков Ю. А.	Кристаллография, рентгенография, электронная микроскопия и физика металлов: Разд.: Кристаллохимия, атомно- кристаллическая структура фаз металлических систем: Учеб. пособие для практ. занятий для студ. спец. 11.04, 11.05, 11.07	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1988

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Полисан А. А., Астахов В. П.	Материалы и элементы электронной техники. Расчет режимов термического окисления и диффузии при формировании легированных слоев: практикум	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2007

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Кристаллографическая база данных	<a href="http://database.iem.ac.ru/mincryst/rus/index.php">http://database.iem.ac.ru/mincryst/rus/index.php</a>
Э2	Международная кристаллографическая база данных	<a href="https://www.ccdc.cam.ac.uk/">https://www.ccdc.cam.ac.uk/</a>

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	ESET NOD32 Antivirus
П.2	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.3	Microsoft Office
П.4	MS Teams
П.5	LMS Canvas
П.6	Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	Полнотекстовые российские научные журналы и статьи:
И.2	— Научная электронная библиотека eLIBRARY <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
И.3	— Полнотекстовые деловые публикации информагентств и прессы по 53 отраслям <a href="https://polpred.com/news">https://polpred.com/news</a>
И.4	Иностранные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС):
И.5	— аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.6	— аналитическая база (индексы цитирования) Scopus <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
И.7	— наукометрическая система InCites <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.8	— научные журналы издательства Elsevier <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>
И.9	Справочно-правовая система Консультант плюс <a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>
И.10	Справочно-правовая система <a href="http://www.garant.ru">http://www.garant.ru</a>

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Б-413	Учебный комплекс по структурной диагностике и материаловедческой экспертизе неорганических материалов методами рентгеновской дифракции и электронной микроскопии:	проектор; мультимедийная доска; маркерная доска, документ-камера; компьютер преподавателя; компьютерный класс на 14 компьютеров, пакет лицензионных программ MS Office, комплект учебной мебели
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 20 рабочих мест, компьютеры с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Читальный зал №4 (Б)		комплект учебной мебели на 20 рабочих мест, компьютеры с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

Читальный зал электронных ресурсов	комплект учебной мебели на 50 рабочих мест, компьютеры с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
---------------------------------------	---

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

При проведении обучения предусматриваются практические занятия по различным разделам курса, а также самостоятельная работа, в том числе в форме самостоятельного углублённого изучения отдельных разделов курса и самостоятельного решения задач по различным разделам курса.

Проведение аудиторных занятий предусматривает использование в учебном курсе активных и интерактивных технологий:

- проведение практических занятий с использованием интерактивных и мультимедийных технологий (презентация в формате MS PowerPoint);
- использование при проведении занятий специализированной аудитории - физической лаборатории, с возможностью проведения занятий в интерактивной форме;
- использование при проведении занятий активных форм обучения – учебных видеоматериалов и компьютерных тренажеров.

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.