

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 27.10.2023 12:14:45

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)

# Теория фаз, фазовых превращений и атомное строение неорганических материалов

Закреплена за подразделением

Кафедра физического материаловедения

Направление подготовки

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Квалификация

**Инженер-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**6 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

216

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 9

аудиторные занятия

68

самостоятельная работа

112

часов на контроль

36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	9 (5.1)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	68	68	68	68
Контактная работа	68	68	68	68
Сам. работа	112	112	112	112
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	216	216	216	216

Программу составил(и):

*фмн, Зав. каф., Савченко Александр Григорьевич; ассистент, Чепченко Татьяна Михайловна*

Рабочая программа

**Теория фаз, фазовых превращений и атомное строение неорганических материалов**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, 22.03.01-БМТМ-23\_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра физического материаловедения**

Протокол от 29.06.2023 г., №11-06

Руководитель подразделения Савченко Александр Григорьевич

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Формирование компетенций в соответствии с учебным планом, а так же научить студентов использовать основные законы термодинамики и теории конденсированных фаз для анализа и прогнозирования химического взаимодействия компонентов, оценки устойчивости конденсированных фаз, а также прогнозирования их свойств с учетом особенностей фазовых превращений в конденсированном состоянии.
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.28
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Механические свойства твердых тел	
2.1.2	Теория гомогенных и гетерогенных процессов	
2.1.3	Технология получения монокристаллов	
2.1.4	Физические свойства материалов	
2.1.5	Основы технологии получения материалов	
2.1.6	Процессы получения металлов, сплавов и соединений	
2.1.7	Технология материалов электроники	
2.1.8	Материаловедение	
2.1.9	Атомное строение фаз	
2.1.10	Диффузия и диффузионно-контролируемые процессы	
2.1.11	Кристаллография	
<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	
2.2.2	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.3	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.4	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.5	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.6	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.7	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.8	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	

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

<b>ПК-4: Способен выполнять исследования на стадии разработки технологических процессов и обеспечивать проведение инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</b>
<b>Знать:</b>
ПК-4-32 основные понятия и выражения кристаллохимии неорганических материалов для прогнозирования химического взаимодействия
ПК-4-31 основные понятия и представления об атомных механизмах фазовых превращений для прогнозирования структуры и свойств сплавов
<b>Уметь:</b>
ПК-4-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-4-У4 решать типовые задачи, связанные с основными разделами физики
ПК-4-У1 описывать атомную структуру и химическую связь, физические свойства неорганических материалов
ПК-4-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
<b>Владеть:</b>
ПК-4-В3 методами корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента
ПК-4-В4 комплексом технических программ для обработки результатов измерений
ПК-4-В1 навыком логического творческого и системного мышления

ПК-4-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

#### 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. Типы связей в кристаллах</b>							
1.1	Классификация конденсированных состояний неорганических веществ по типу химической связи и атомной структуре. Классификация конденсированных фаз, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь, Ван-дер-Ваальсова связь, водородная связь /Лек/	9	2	ПК-4-32 ПК-4-У1 ПК-4-В2 ПК-4-31	Л1.1 Л1.1Л2.1Л3.2 Э2 Э6 Э7			
1.2	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. /Лек/	9	2	ПК-4-32 ПК-4-В2 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л3.2 Л1.1 Л2.3Л2.1 Э6 Э7			
1.3	Концентрационные зависимости периодов решетки твердых растворов. Определение типа твердого раствора. Основные типы сверхструктур (работа с моделями) /Лаб/	9	4	ПК-4-У1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У4 ПК-4-В4	Э1 Э2			
1.4	Изучение и расчёт типов связей в кристаллах /Пр/	9	4	ПК-4-У1 ПК-4-32 ПК-4-31 ПК-4-У4	Л1.1Л3.2 Л3.4 Э1 Э2 Э6		КМ1,КМ2	Р1

1.5	Изучение физических основ различных типов химической связи в металлических и неметаллических материалах. Установление закономерностей связи типов химических связей и атомной структурой материалов /Ср/	9	6	ПК-4-В1 ПК-4-В2 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1Л3.2 Э2 Э6 Э7			
1.6	Подготовка к устному опросу по разделу 1 /Ср/	9	6	ПК-4-В2 ПК-4-В1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л1.1 Л2.3 Л2.1 Э2 Э6			
	<b>Раздел 2. Раздел 2. Начала термодинамики, термодинамические потенциалы и функции состояния</b>							
2.1	Общие сведения. Классификация важнейших типов термодинамических систем по характеру их взаимодействия с окружающей средой. Термодинамические параметры, общие с механикой /Лек/	9	2	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Э3 Э7			
2.2	Термодинамические величины, системы, процессы. Механическая, тепловая и внутренняя энергия. Первое начало термодинамики. Свободная энергия Гельмгольца. Энтальпия. Энтропия. Свободная энергия Гиббса. Температура. Второе начало термодинамики. Третье начало термодинамики. Уравнение состояния. Стандарты термодинамики. /Лек/	9	2	ПК-4-В2 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2 Э3 Э7			
2.3	Изучение начал термодинамики, термодинамических потенциалов и функций состояния /Ср/	9	6	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.2 Э3 Э7			
2.4	Подготовка к устному опросу по разделу 2 /Ср/	9	6	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1 ПК-4-У3 ПК-4-В1	Л2.3Л2.1 Э3 Э7			
	<b>Раздел 3. Раздел 3. Общие закономерности фазовых превращений в твёрдом состоянии</b>							
3.1	Затвердевание расплавов. Термодинамика зарождения фаз. Кристаллизация из пересыщенного раствора. Кинетика процесса кристаллизации. Атомная теория роста и форма кристаллов. Атомные механизмы роста кристаллитов. /Лек/	9	2	ПК-4-31 ПК-4-У2 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.2 Э4 Э5 Э6 Э7			

3.2	Кристаллизация сплавов. Особенности кристаллизации сплавов. Концентрационное переохлаждение. Строение слитка. Эвтектическая кристаллизация. Методы выращивания монокристаллов. Затвердевание расплавов при больших переохлаждениях. Процессы аморфизации. /Лек/	9	1	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.2 Э5 Э6 Э7			
3.3	Фазовые равновесия. Общие понятия о фазах и фазовых равновесиях. Правило фаз. Термодинамические стимулы фазовых превращений. Условия и критерии стабильности фаз в сплавах. /Ср/	9	6	ПК-4-У2 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.2 Э4 Э6 Э7			
3.4	Изучение общих закономерностей фазовых превращений в твёрдом состоянии: затвердевание расплавов и кристаллизация сплавов. /Пр/	9	3	ПК-4-В2 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1 ПК-4-У4 ПК-4-В3	Л1.1Л2.1 Э1 Э5 Э6		КМ3	Р1
3.5	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. /Лек/	9	4	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л2.1 Л2.2 Э1 Э5 Э6 Э7			
3.6	Фазы Лавеса и родственные им соединения. Фазы с решеткой типа NiAs и родственные им соединения. Фазы со структурой типа Cr3Si. /Лек/	9	3	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л2.1 Л2.2 Э4			
3.7	Соединения металлов с неметаллами. Полупроводники с алмазоподобной решеткой. Ионные кристаллы. Фазы внедрения /Лек/	9	3	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л2.1 Э4			
3.8	Кристаллические структуры интерметаллидов (работа с моделями). Кристаллические структуры соединений металл- неметалл /Лаб/	9	5	ПК-4-31 ПК-4-У1 ПК-4-У2 ПК-4-32 ПК-4-В4	Л1.1 Л2.3Л2.1Л3.2 Э1 Э5			
3.9	Подготовка к устному опросу по разделу 3 /Ср/	9	6	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1 ПК-4-У3 ПК-4-В1	Л2.2 Л2.3 Л2.1Л2.1Л3.2 Э1 Э5 Э6 Э7			

	<b>Раздел 4. Раздел 4. Термодинамика и атомные механизмы процессов упорядочения в сплавах</b>							
4.1	Параметры, характеризующие упорядочение атомов в сплавах. Сверхструктуры в твёрдых растворах замещения и внедрения. Термодинамическая теория упорядочения (фазовых переходов II рода). Статистическая теория упорядочения. Квазихимическая трактовка ближнего порядка. /Лек/	9	2	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1 ПК-4-У3 ПК-4-В1 ПК-4-В2	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.2 Э7			
4.2	Изучение закономерностей и механизмов образования твердых растворов по знаку энергии смешения /Пр/	9	2	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1 ПК-4-У4	Л1.1 Л1.1Л2.2 Э1 Э6		КМ5	Р1
4.3	Эвтектическая кристаллизация. /Ср/	9	3	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.2 Э6 Э7			
4.4	Методы выращивания монокристаллов /Ср/	9	3	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.1Л2.2 Л2.3 Л2.1Л3.2 Э6 Э7			
4.5	Затвердевание расплавов при больших переохлаждениях. Процессы аморфизации /Ср/	9	3	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.1Л2.2 Л2.3 Л2.1Л3.2 Э6 Э7			
4.6	Структура расплавленных металлов и сплавов. Аморфное состояние. /Ср/	9	4	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л2.1 Л2.2Л1.1 Э7			
4.7	Квазикристаллические фазы. Нанокристаллическое состояние. Наноматериалы. /Ср/	9	4	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л2.1 Л2.2Л1.1 Э6 Э7			
4.8	Подготовка к устному опросу по разделу 4 /Ср/	9	6	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1 ПК-4-В1 ПК-4-В2	Л2.1Л1.1 Э6 Э7			
	<b>Раздел 5. Раздел 5. Термодинамика и атомные механизмы процессов распада пересыщенных твёрдых растворов</b>							
5.1	Механизмы фазовых превращений. Общие представления. Классификация фазовых превращений в твёрдом состоянии. Роль упругой и межфазной поверхностной энергии в ФП. Бездиффузионные превращения /Лек/	9	2	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.1Л2.2 Л2.3 Л2.1Л3.2 Э5 Э6 Э7			

5.2	Диффузионные превращения. Взгляд в прошлое. Аллотропические превращения. Диффузионные превращения /Лек/	9	1	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1 ПК-4-В2	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.4Л3.2 Э5 Э6 Э7			
5.3	Изучение закономерностей и механизмов диффузии и диффузионных превращений. /Пр/	9	5	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1 ПК-4-В2 ПК-4-В3 ПК-4-В4	Л1.1Л2.4Л3.2 Э1 Э5 Э6		КМ4	Р1
5.4	Распад пересыщенных твёрдых растворов. Спинодальный распад. Распад по механизму образования и роста зародышей. Стадии распада пересыщенного твёрдого раствора. Термодинамика последовательности выделения промежуточных и стабильных фаз. Коагуляция выделений. Метастабильное и лабильное состояние. Роль дефектов решетки в процессах распада твердого раствора. Возврат при (после) старения. Отпуск сталей. /Лек/	9	2	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.4Л3.2 Э5 Э6 Э7			
5.5	Спинодальный распад. Влияние дефектов решетки на старение сплавов. Возврат при старении. Превращение в мартенсите при отпуске стали. /Ср/	9	8	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.4Л3.2 Э5 Э6 Э7			
5.6	Кинетика процессов распада твердых растворов. /Лаб/	9	2	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л1.1 Л2.1Л1.1 Э5			
5.7	Процессы аморфизации и кристаллизация аморфных сплавов. /Лаб/	9	2	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-В2	Л2.4Л3.2 Л3.4 Э1			
5.8	Диффузия в реальных растворах. Гетеродиффузия. Реактивная диффузия. Аномалии диффузии. Диффузия в жидкостях. /Ср/	9	5	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1 ПК-4-В2	Л2.4Л1.1 Л2.1 Э1 Э5			
5.9	Подготовка к устному опросу по разделу 5 /Ср/	9	6	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1 ПК-4-В1 ПК-4-В2	Л2.4Л2.3 Л2.1 Э1 Э5 Э6 Э7			
	<b>Раздел 6. Раздел 6. Термодинамика мартенситных превращений</b>							
6.1	Бездиффузионные превращения. Мартенситное превращение. Особенности. Кристаллографическая теория мартенситных превращений в сталях. Морфология и субструктура мартенситных кристаллов в сталях. /Лек/	9	4	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1Л3.2 Э5 Э7			



6.2	Классификация фазовых превращений в твердом состоянии. Роль упругой и поверхностной энергий в формировании микроструктуры /Лек/	9	2	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1 ПК-4-В1 ПК-4-В2	Л1.1 Э5 Э7			
6.3	Влияние экстремальных воздействий на структуру материалов. Доклад рефератов на выбранную тему. /Пр/	9	3	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1 ПК-4-В3 ПК-4-В4	Л1.1Л2.3 Л2.1 Э1 Э2 Э5			P2,P1
6.4	Анализ ориентационных соотношений и морфология выделений. /Лаб/	9	2	ПК-4-32 ПК-4-У1 ПК-4-У3 ПК-4-У4 ПК-4-В4 ПК-4-В3	Л1.1Л3.2 Э7			
6.5	Аллотропические превращения в металлах. Кристалл-геометрический анализ полиморфных превращений в Fe, Co. /Лаб/	9	2	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л3.2 Э5 Э6			
6.6	Превращения в титане и твердых растворах на его основе, образование омега-фазы /Ср/	9	4	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1Л3.2 Э5 Э7			
6.7	Мартенситные превращения в промежуточных фазах /Ср/	9	4	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1Л3.2 Э5 Э7			
6.8	Превращения в титане и твердых растворах на его основе; образование омега-фазы. Мартенситные превращения в промежуточных фазах. /Ср/	9	4	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л3.2Л2.1 Э1			
6.9	Превращение в мартенсите при отпуске стали /Ср/	9	4	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.1Л2.1Л3.2 Э5 Э7			
6.10	Подготовка реферата на выбранную тему /Ср/	9	12	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-В1 ПК-4-В2	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.1 Л2.4Л3.2 Л3.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7			
6.11	Подготовка к устному опросу по разделу 6 /Ср/	9	6	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1 ПК-4-У3 ПК-4-В1 ПК-4-В2	Л1.1 Л1.1Л2.1 Э5 Э7			

## 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	Тест в системе LMS Canvas "Основы кристаллографии. Химическая связь и энергия Маделунга"	ПК-4-31;ПК-4-32	Перед началом теста повторить типы решеток и типы химических связей
КМ2	Контрольная работа "Расчет энергии Маделунга"	ПК-4-31;ПК-4-32;ПК-4-У1	Что такое энергия Маделунга? Какие величины входят в формулу расчета энергии Маделунга? Отличие устойчивого и неустойчивого химического состояния?
КМ3	Тест в системе LMS Canvas "Кристаллизация"	ПК-4-31;ПК-4-32	Что такое кристаллизация? Фазовый переход 1 и 2 рода? Гомогенная и гетерогенная кристаллизация? Какие величины входят в уравнение Колмагорова? Какие допущения есть в теории Колмагорова?
КМ4	Тест в системе LMS Canvas "Диффузия в твердых телах"	ПК-4-31;ПК-4-32	Что такое диффузия в твердых телах? Типы диффузии? Механизмы диффузии? Какие величины входят в закон Аррениуса? Что описывает первый и второй закон Фика?
КМ5	Тест в системе LMS Canvas "Энергия смещения систем"	ПК-4-31;ПК-4-32	Что такое фаза? Что такое энергия смещения? Что такое расслоение? Что такое упорядочение?

### 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	Практическое занятие	ПК-4-В1;ПК-4-У3;ПК-4-У2	Наличие навыков отвечающим положительной оценки освоение данной дисциплины
P2	Реферат	ПК-4-У3;ПК-4-31;ПК-4-У1	<p>Примеры тем рефератов:</p> <p>Получение титановых имплантов методом РКУП</p> <p>Применение углеродных волокон для армирования бетона</p> <p>Применение механоактивации для получения аморфного состояния</p> <p>Получение нанопленок пленок системы ND-Fe-B</p> <p>Материалы с эффектом памяти формы для медицины</p> <p>Процессы кристаллизации при получение алюминиевых сплавов методом SLM</p> <p>Мультиферроики - перспективные материалы в микроэлектронике</p> <p>Процессы кристаллизации при получение титановых сплавов методом SLM</p> <p>Процессы кристаллизации при получение сплавов системы Co-Cr-Mo методом SLM</p> <p>Получение наночастиц из макроскопических материалов путем диспергирования</p> <p>Основы процесса кристаллизации наночастиц оксида железа</p> <p>Процессы диффузии в процессах восстановления металлов</p> <p>Процессы зародышеобразования влияющие на морфология частиц оксидов железа.</p>

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

Экзамен состоит из двух частей: трех теоретических вопросов и 2 задач.  
Правильный ответ на 3 теоретических вопроса оценивается в 1 балл  
Каждая задача оценивается в 2 балла.

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

По курсу предусмотрен экзамен. Оценка на экзамене проставляется с учётом оценок текущего контроля (результатов контрольной работы, оценок, полученных на практических занятиях), но на основании оценки ответов на вопросы, сформулированные в экзаменационном билете, а также задаваемые в по ходу экзамена.

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 «неявка»

– обучающийся на экзамен не явился.

**6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ****6.1. Рекомендуемая литература****6.1.2. Дополнительная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Хачатурян А. Г.	Теория фазовых превращений и структура твердых растворов: монография	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1974
Л2.2	Синай Я. Г.	Теория фазовых переходов: строгие результаты	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1980
Л2.3	Дьяконова Н. П., Расторгуев Л. Н., Скаков Юрий Александрович, Скаков Юрий Александрович	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
Л2.4	Бокштейн Б. С., Ярославцев А. Б.	Диффузия атомов и ионов в твердых телах	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2005

**6.1.3. Методические разработки**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Томилин В. И., Томилина Н. П., Бахтина В. А.	Физическое материаловедение. В 2 частях: учебное пособие	Электронная библиотека	Красноярск: Сибирский федеральный университет (СФУ), 2012
Л3.2	Ягодкин Юрий Дмитриевич, Свиридова Татьяна Александровна	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
Л3.3	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

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.4	Скаков Юрий Александрович, Чириков Николай Васильевич, Ягодкин Юрий Дмитриевич, Свиридова Татьяна Александровна	Физика конденсированного состояния: Справочные материалы для студ. спец. 0708, 0709, 510.403, 510411	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2000
ЛЗ.5	Скаков Юрий Александрович	Физика конденсированных сред: Разд.: Атомное строение металлов и сплавов: Учеб. пособие для практ. занятий студ. спец. 07090.00 и направл. 5104.03 и 5104.11	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2001

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

Э1	Курс "Теория фаз и фазовых превращений"	<a href="https://lms.misis.ru/courses/3992">https://lms.misis.ru/courses/3992</a>
Э2	Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова / Геологический факультет В.С. Урусов, Н.Н. Еремин КРИСТАЛЛОХИМИЯ (краткий курс) Часть 1. Издательство Московского университета 2004	<a href="http://cryst.geol.msu.ru/courses/crchem/part1.pdf">http://cryst.geol.msu.ru/courses/crchem/part1.pdf</a>
Э3	Министерство образования и науки Российской Федерации ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина Г.П. Николаев, А.Э. Лойко ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА Учебное электронное текстовое издание УрФУ, 2013 ЕКАТЕРИНБУРГ	<a href="https://study.urfu.ru/Aid/Publication/11957/1/Nikolaev_Loyko.pdf">https://study.urfu.ru/Aid/Publication/11957/1/Nikolaev_Loyko.pdf</a>
Э4	Общие закономерности фазовых превращений в твердом состоянии	<a href="https://www.ktovdome.ru/teoriya_termicheskoy_obrabotki_materialov/355/80/">https://www.ktovdome.ru/teoriya_termicheskoy_obrabotki_materialov/355/80/</a>
Э5	Доцент КОФ ФТИ ТПУ, к.физ.-мат.н Купрекова Е.И. Лекция 11. Фазовые диаграммы: развитие микроструктуры и управление механическими свойствами	<a href="https://portal.tpu.ru/SHARED/e/EIKUPREKOVA/Teaching/Tab1/Tab/111.pdf">https://portal.tpu.ru/SHARED/e/EIKUPREKOVA/Teaching/Tab1/Tab/111.pdf</a>
Э6	В.И. Капустин – Материаловедение и технологии электроники. 2014	<a href="https://studref.com/350236/tehnika/materialovedenie_i_tehnologii_elektroniki">https://studref.com/350236/tehnika/materialovedenie_i_tehnologii_elektroniki</a>
Э7	Физическое материаловедение, Том 2, Основы материаловедения, Калинин Б.А., 2007	<a href="https://obuchalka.org/2015040983986/fizicheskoe-materialovedenie-tom-2-osnovi-materialovedeniya-kalin-b-a-2007.html">https://obuchalka.org/2015040983986/fizicheskoe-materialovedenie-tom-2-osnovi-materialovedeniya-kalin-b-a-2007.html</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	LMS Canvas
П.3	Microsoft Office
П.4	ESET NOD32 Antivirus

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

И.1	И1 Полнотекстовые российские научные журналы и статьи:
И.2	И1.1 — Научная электронная библиотека eLIBRARY <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
И.3	И1.2 — Полнотекстовые деловые публикации информагентств и прессы по 53 отраслям <a href="https://polpred.com/news">https://polpred.com/news</a>
И.4	И2 Иностранные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС):
И.5	И2.1 — аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.6	И2.2 — аналитическая база (индексы цитирования) Scopus <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
И.7	И2.3 — наукометрическая система InCites <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.8	И2.4 — научные журналы издательства Elsevier <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
------	------------	-----------

Б-416	Учебная аудитория	проектор; экран; маркерная доска; компьютер преподавателя; микроскоп Carl Zeiss Axio Scope A1, компьютерный класс на 12 компьютеров, комплект учебной мебели
Б-429	Учебная аудитория	проектор; мультимедийная доска; маркерная доска, документ-камера; компьютерный класс на 6 студентов и преподавателя (7 компьютеров); установка для измерения магнитных характеристик; установка для определения потерь на перемагничивание МК-4Э; магнитноизмерительная установка МК-3Э; стенд для измерения удельного электросопротивления; дилатометр; твердометр по Роквеллу; комплект учебной мебели
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с 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

Лекционные занятия нацелены на углублённое изучение студентами базовых, фундаментальных вопросов «Теория фаз и фазовых превращений».

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 лекций 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.

Дисциплина относится к основополагающим и требует определённого 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.

В связи с использованием во время занятий мультимедийных технологий для проведения лекционных занятий требуется специализированная мультимедийная аудитория с возможностью показа видеоматериалов с аудио сопровождением и доступом к сети Интернет.