

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 27.10.2023 15:15:01

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) Основы материаловедения и методов исследования 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

**9 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

324

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 5, 6

аудиторные занятия

136

самостоятельная работа

116

часов на контроль

72

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	5 (3.1)		6 (3.2)		Итого	
	УП	РП	УП	РП		
Неделя	19		18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34	68	68
Лабораторные	34	34	34	34	68	68
Итого ауд.	68	68	68	68	136	136
Контактная работа	68	68	68	68	136	136
Сам. работа	76	76	40	40	116	116
Часы на контроль	36	36	36	36	72	72
Итого	180	180	144	144	324	324

Программу составил(и):

*кфмн, доцент, Малютина Елена Сергеевна; ст. преп., Захарова Елена Александровна*

Рабочая программа

**Основы материаловедения и методов исследования 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 А.Г.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Цель освоения дисциплины – формирование компетенций, в соответствии с учебным планом, а так же получение студентами базовых знаний и навыков в области формирования фазового равновесия, структуры и структурных элементов материалов, определяющих их свойства. Научить основам современных дифракционных и микроскопических методов исследования материалов, пониманию возможностей этих методов.
-----	---

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.04
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Кристаллография	
2.1.2	Электротехника	
2.1.3	Безопасность жизнедеятельности	
2.1.4	Математика	
2.1.5	Физика	
2.1.6	Физическая химия	
2.1.7	Химия	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Атомное строение фаз	
2.2.2	Биохимия наноматериалов	
2.2.3	Инженерия поверхности	
2.2.4	Металловедение и термическая обработка металлов	
2.2.5	Методы исследования структур и материалов. Часть 1	
2.2.6	Методы исследования физических свойств полупроводниковых структур	
2.2.7	Наноматериалы	
2.2.8	Научно-исследовательская работа	
2.2.9	Научно-исследовательская работа	
2.2.10	Научно-исследовательская работа	
2.2.11	Научно-исследовательская работа	
2.2.12	Сверхтвердые материалы	
2.2.13	Технологии материалов с особыми физическими свойствами	
2.2.14	Фазовые и структурные изменения при формировании материалов и эпитаксиальных структур	
2.2.15	Физика магнитных явлений	
2.2.16	Физика полупроводниковых приборов	
2.2.17	Физика прочности	
2.2.18	Физика прочности и механические свойства материалов	
2.2.19	Физико-химия металлов и неметаллических материалов	
2.2.20	Физические основы деформации и разрушения	
2.2.21	Атомная и электронная структура поверхности и межфазных границ	
2.2.22	Композиционные материалы	
2.2.23	Конструирование композиционных материалов	
2.2.24	Методы исследования структур и материалов. Часть 2	
2.2.25	Поверхностное модифицирование материалов и защитные покрытия	
2.2.26	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.2.27	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.2.28	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.2.29	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.2.30	Специальные сплавы	
2.2.31	Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 1. Магнитно-мягкие сплавы	
2.2.32	Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 2. Магнитно-твердые сплавы	
2.2.33	Аморфные, микро- и нанокристаллические материалы	
2.2.34	Биофизика	
2.2.35	Высокотемпературная совместимость материалов	

2.2.36	Высокотемпературные и сверхтвердые функциональные и конструкционные материалы
2.2.37	Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве
2.2.38	Материаловедение и технологии перспективных материалов
2.2.39	Методы исследования характеристик и свойств материалов
2.2.40	Методы электронной микроскопии для материалов твердотельной электроники
2.2.41	Метрология и испытания функциональных материалов
2.2.42	Мониторинг технологий
2.2.43	Основы биоорганической химии
2.2.44	Основы моделирования на атомном уровне
2.2.45	Основы научно-технического перевода
2.2.46	Практика научно-технического перевода и редактирования
2.2.47	Решение профессиональных задач с помощью языка программирования
2.2.48	Структурные методы исследования наноматериалов
2.2.49	Тензорные методы в кристаллофизике
2.2.50	Технология получения кристаллов
2.2.51	Физические основы магнетизма и процессы перемагничивания материалов
2.2.52	Физические свойства приповерхностных слоев и методы их исследований
2.2.53	Функциональные наноматериалы
2.2.54	Химические способы получения наноматериалов
2.2.55	Химия и технология полимерных материалов
2.2.56	Биоорганическая химия
2.2.57	Высокотемпературные керамические материалы
2.2.58	Жаропрочные и радиационно-стойкие материалы
2.2.59	Квантовая теория твердого тела
2.2.60	Математическое и компьютерное моделирование материалов и процессов электроники
2.2.61	Методы исследования макро- и микроструктуры материалов
2.2.62	Методы непараметрической статистики
2.2.63	Некоторые главы кристаллохимии
2.2.64	Объемные наноматериалы
2.2.65	Процессы получения и обработки сверхтвердых материалов
2.2.66	Структура и технологичность сплавов
2.2.67	Физико-химия эволюции твердого вещества
2.2.68	Ядерно-спектроскопические и синхротронные методы исследований
2.2.69	Аттестация и испытания высокотемпературных и сверхтвердых материалов
2.2.70	Аттестация и сертификация изделий электронной техники
2.2.71	Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве функциональных материалов
2.2.72	Материаловедение и технологии перспективных материалов
2.2.73	Материалы и элементы спинтроники и спинволновой оптики
2.2.74	Менеджмент качества
2.2.75	Металлические материалы для крупных транспортных систем
2.2.76	Металловедение высокопрочных сплавов
2.2.77	Методология и практика определения размерных характеристик материалов
2.2.78	Методология научных исследований
2.2.79	Оптические явления в кристаллах. Часть 2
2.2.80	Основы клеточной биологии
2.2.81	Оформление результатов научной деятельности
2.2.82	Практическое применение теории функционала электронной плотности
2.2.83	Симметрия наносистем
2.2.84	Современные компьютерные технологии в структурном анализе
2.2.85	Спектроскопические и зондовые методы
2.2.86	Термомеханическая обработка металлов и сплавов
2.2.87	Управление коллективами
2.2.88	Управление проектами

2.2.89	Химические основы биологических процессов
2.2.90	Цифровое материаловедение
2.2.91	Нормы и правила оформления ВКР
2.2.92	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.93	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.94	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.95	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.96	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.97	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.98	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.99	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы

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

**ПК-1: Способен к поиску новых направлений научных исследований и синтезу знаний в области материаловедения и технологии материалов, способен оформлять технические задания и отчетные материалы по планируемым и проведенным исследованиям**

**Знать:**

ПК-1-33 Способы обработки результатов эксперимента, полученных с помощью дифракционных методов.

ПК-1-32 Основные дифракционные методы исследования материалов;

**ПК-3: Способен участвовать в разработке инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов**

**Знать:**

ПК-3-33 правила безопасной работы с источниками рентгеновского и нейтронного излучения, общие нормы радиационной безопасности;

ПК-3-31 Типичные процессы, происходящие при литье и пластической деформации металлов

ПК-3-32 Типичные процессы термической обработки - гомогенизирующий, дорекристаллизационный и рекристаллизационный отжиги

**ПК-1: Способен к поиску новых направлений научных исследований и синтезу знаний в области материаловедения и технологии материалов, способен оформлять технические задания и отчетные материалы по планируемым и проведенным исследованиям**

**Знать:**

ПК-1-31 Теорию эволюции фазового состояния и структуры сплавов при внешних термических воздействиях;

**ОПК-6: Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии**

**Знать:**

ОПК-6-31 Закономерности, описывающие связи между параметрами обработки и параметрами строения (состава и структуры):

- эволюции дефектной структуры кристаллов;
- возврата и рекристаллизации;
- фазовых превращений и др.

ОПК-6-32 физику рентгеновских лучей, законы рассеяния электроном, атомом, кристаллом, особенности дифракции рентгеновских лучей и электронов на кристалле;

**ПК-3: Способен участвовать в разработке инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов**

**Знать:**

ПК-3-34 правила безопасности работы на электронных микроскопах;

**Уметь:**

ПК-3-У2 Измерять твердость материалов после различных технологических процессов.

ПК-3-У1 Исследовать макро- и микроструктуру металлических материалов для анализа влияния параметров технологических процессов;

<b>ПК-1: Способен к поиску новых направлений научных исследований и синтезу знаний в области материаловедения и технологии материалов, способен оформлять технические задания и отчетные материалы по планируемым и проведенным исследованиям</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-1-У2 Работать с пакетом программ для фазового анализа;
<b>ОПК-6: Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-6-У1 Способен сочетать теорию и практику материаловедения и методов исследования материалов для решения инженерных задач:
<b>ПК-1: Способен к поиску новых направлений научных исследований и синтезу знаний в области материаловедения и технологии материалов, способен оформлять технические задания и отчетные материалы по планируемым и проведенным исследованиям</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-1-У1 Анализировать структурные и фазовые превращения в металлических материалах.
<b>ОПК-6: Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-6-В1 Владеет навыками сочетания теории и практики материаловедения для решения инженерных задач: - опытом анализа фазовых превращений в металлах и сплавах для обоснования выбора материалов; - опытом практического применения методов обработки и анализа экспериментальной информации о структуре материалов;
<b>ПК-3: Способен участвовать в разработке инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-3-В1 Опытном проведении отжига деформированных материалов
<b>ПК-1: Способен к поиску новых направлений научных исследований и синтезу знаний в области материаловедения и технологии материалов, способен оформлять технические задания и отчетные материалы по планируемым и проведенным исследованиям</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-1-В1 Опытном анализе и обработке результатов материаловедческих исследований
ПК-1-В2 Навыками сопоставления результатов исследований различными методами и опыт оценки полученных результатов;
<b>ОПК-6: Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-6-В2 Опытном применении полученных знаний для обоснованного выбора метода анализа фазового и элементного состава, а также структуры и превращений материалов; в том числе определять структуру, фазовый состав и текстуру сталей и сплавов после различных видов термической и механической обработки

#### 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. Структура материалов.</b>							
1.1	Металлическое состояние Связь химического, фазового и структурного состава со свойствами. Металлы простые и переходные. Кристаллические решетки металлов. Анизотропия, текстура, аллотропия /Лек/	5	2	ОПК-6-31	Л1.2			

1.2	Точечные дефекты. Краевые, винтовые, смешанные дислокации. Возможности световой микроскопии в определении плотности дислокаций. Роль дислокаций в фазовых превращениях. /Лек/	5	2	ОПК-6-31	Л1.2Л2.1 Э1			
1.3	Дислокации, энергия, взаимодействие, движение. Характеристика границ Двойники. /Лек/	5	2	ОПК-6-31	Л1.2Л2.1			
1.4	Изучение металлографического микроскопа. /Лаб/	5	4	ОПК-6-У1	Л1.2 Л1.3			P1
1.5	Приготовление образца для изучения микроструктуры с помощью светового микроскопа. /Лаб/	5	2	ОПК-6-У1	Л1.2 Л1.3			P2
1.6	Количественный металлографический анализ. /Лаб/	5	2	ОПК-6-У1 ПК-3-У1	Л1.2 Л1.3			P3
1.7	Изучение дефектов кристаллического строения с помощью светового микроскопа. /Лаб/	5	2	ОПК-6-У1 ПК-3-У1	Л1.2 Л1.3Л2.1			P4
1.8	Подготовка к лабораторным работам раздела: Структура материалов /Ср/	5	10	ОПК-6-31	Л1.2 Л1.3Л2.1			
	<b>Раздел 2. Фазовые превращения в однокомпонентных системах и сплавах.</b>							
2.1	Кристаллизация металлов. Гомогенная кристаллизация, Параметры кристаллизации. Критический размер центра кристаллизации. /Лек/	5	2	ОПК-6-31 ПК-1-31 ПК-3-31 ПК-3-32	Л1.2 Л1.9			
2.2	Рост кристаллов. Дендритная кристаллизация. Влияние параметров кристаллизации на структуру материалов. Структура слитка. Монокристаллы. Аморфные металлы. /Лек/	5	2	ОПК-6-31 ПК-1-31 ПК-3-31 ПК-3-32	Л1.2 Л1.9			
2.3	Аллотропические превращения. Диффузионный и сдвиговой (мартенситный) механизмы превращения. Массивное превращение. Фазовые переходы I и II рода. /Лек/	5	4	ОПК-6-31 ПК-1-31	Л1.2 Л1.9			
	<b>Раздел 3. Влияние пластической деформации и рекристаллизации на структуру и свойства</b>							
3.1	Механизмы холодной пластической деформации. Деформация моно и поликристаллов. Горячая деформация /Лек/	5	2	ОПК-6-31 ПК-1-31 ПК-3-31	Л1.2Л2.2			

3.2	Изменение структуры и свойств в результате холодной и горячей пластической деформации Возврат и рекристаллизация. Нормальный и аномальный рост зерна. Динамическая рекристаллизация. /Лек/	5	2	ОПК-6-31 ПК-1-31 ПК-3-32	Л1.2Л2.2			
3.3	Подготовка к лабораторной работе "Микроструктура и свойства деформированного и рекристаллизованного металла. Методы измерения твердости" /Ср/	5	4	ОПК-6-31 ПК-1-31 ПК-3-31 ПК-3-32	Л1.2			
3.4	Микроструктура и свойства деформированного и рекристаллизованного металла. Методы измерения твердости. /Лаб/	5	6	ОПК-6-У1 ОПК-6-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В1	Л1.2 Л1.3			Р5
3.5	Освоение теоретического материала разделов 1-3. Подготовка к контрольной работе /Ср/	5	4	ОПК-6-31 ПК-1-31 ПК-3-31 ПК-3-32	Л1.2			
3.6	Контрольная работа по разделам 1, 2, 3 /Лаб/	5	2	ОПК-6-31 ПК-1-31 ПК-3-31 ПК-3-32	Л1.2Л2.1 Л2.2		КМ1	
	<b>Раздел 4. Двухкомпонентные системы.</b>							
4.1	Диаграмма с неограниченной и ограниченной растворимостью в твердом состоянии. Типы невариантных превращений в двухкомпонентных сплавах. /Лек/	5	2	ОПК-6-31	Л1.2 Л1.9Л3.1			
4.2	Типы эвтектик. Квазиэвтектика. Аномальная эвтектика. Превращенная эвтектика Дендритная и зональная ликвация /Лек/	5	2	ОПК-6-31 ПК-1-31 ПК-3-32	Л1.2 Л1.9			
4.3	Твердые растворы и промежуточные фазы. Распад и упорядочение твердых растворов. /Лек/	5	2	ОПК-6-31	Л1.2 Л1.9			
4.4	Эвтектоидное превращение. Перитектоидное превращение. /Лек/	5	2	ОПК-6-31	Л1.2 Л1.9			
4.5	Анализ сложных диаграмм фазового равновесия. Методы графической термодинамики. /Лек/	5	2	ОПК-6-31	Л1.2 Л1.9			
4.6	Подготовка к лабораторной работе "Микроструктура двойных сплавов" /Ср/	5	2	ОПК-6-31 ПК-1-31 ПК-3-32	Л1.3			
4.7	Микроструктура двойных сплавов. /Лаб/	5	4	ОПК-6-У1 ОПК-6-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.3			Р6



4.8	Подготовка к лабораторной работе "Изучение простых диаграмм фазового равновесия двойных систем с неограниченной растворимостью в жидком состоянии" /Ср/	5	1	ОПК-6-31	Л1.3			
4.9	Изучение простых диаграмм фазового равновесия двойных систем с неограниченной растворимостью в жидком состоянии. /Лаб/	5	2	ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.3			Р8
4.10	Подготовка к лабораторной работе "Изучение сложных диаграмм фазового равновесия двойных систем с превращениями в твердом состоянии" /Ср/	5	1	ОПК-6-31	Л1.3			
4.11	Изучение сложных диаграмм фазового равновесия двойных систем с превращениями в твердом состоянии. Коллоквиум "Структурообразование в двухкомпонентных сплавах" /Лаб/	5	6	ОПК-6-31 ОПК-6-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-3-32	Л1.3		КМ2	Р9
4.12	Выполнение домашнего задания "Структурообразование в двухкомпонентных сплавах" /Ср/	5	8	ОПК-6-31 ОПК-6-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.8 Л1.9			
4.13	Освоение теоретического материала раздела, подготовка к защите домашнего задания и сдаче коллоквиума "Структурообразование в двухкомпонентных сплавах" /Ср/	5	6	ОПК-6-31 ОПК-6-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.2 Л1.8 Л1.9			
	<b>Раздел 5. Трехкомпонентные системы.</b>							
5.1	Тройные диаграммы фазового равновесия. Построение и анализ политермических и изотермических сечений. /Лек/	5	6	ОПК-6-31	Л1.2 Л1.9Л3.1 Э2 Э3			
5.2	Подготовка к лабораторной работе "Микроструктура тройных сплавов". /Ср/	5	2	ОПК-6-31	Л1.3			
5.3	Микроструктура тройных сплавов. Коллоквиум "Структурообразование в трехкомпонентных сплавах" /Лаб/	5	4	ОПК-6-У1 ОПК-6-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.3			Р7
5.4	Выполнение домашнего задания "Структурообразование в тройных сплавах" /Ср/	5	8	ОПК-6-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.7			

5.5	Освоение теоретического материала раздела, подготовка к защите домашнего задания "Структурообразование в тройных сплавах" и сдаче коллоквиума "Структурообразование в трехкомпонентных сплавах" /Ср/	5	6	ОПК-6-31 ПК-1-31	Л1.2 Л1.7 Э2		КМ3	
5.6	Подготовка к экзамену по курсу за 5 семестр /Ср/	5	24	ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В1	Л1.2 Л1.3 Л1.7 Л1.8 Л1.9Л2.2Л3.1 Э2 Э3 Э6		КМ4	
<b>Раздел 6. Физика рентгеновских лучей</b>								
6.1	Рентгеновские лучи. Сплошной и характеристический спектры. Взаимодействие рентгеновских лучей с веществом, основной закон ослабления рентгеновских лучей. /Лек/	6	2	ОПК-6-32 ПК-1-32	Л1.1Л2.1Л3.2			
6.2	Устройство рентгеновских трубок и аппаратов. Выбор излучения и подбор фильтров. Счетчики рентгеновских квантов. Проверка закона ослабления рентгеновских лучей материалом. /Лаб/	6	4	ОПК-6-32 ПК-3-33	Л1.4 Л1.5 Л1.6Л3.2			
6.3	Рассеяние электроном, атомом, кристаллом. Обратная решетка. Обратное пространство. Представление основных методов рентгеноструктурного анализа с помощью понятия ОР. Уравнения Лауэ и Вульф-Брегга. /Лек/	6	2	ОПК-6-32	Л1.1			
6.4	Интегральная интенсивность интерференционных максимумов. Расчет интенсивности в рамках кинематического приближения. /Лек/	6	2	ОПК-6-32 ОПК-6-У1	Л1.1			
6.5	Теоретический расчет относительной интенсивности /Лаб/	6	4	ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.4 Л1.5 Л1.6Л3.2			Р12
6.6	Выполнение домашнего задания "повторение Кристаллографии" /Ср/	6	2	ОПК-6-У1 ОПК-6-В2	Л1.1Л2.1 Э5			Р21
6.7	Выполнение домашнего задания "Расчет бета фильтра" /Ср/	6	2	ОПК-6-32 ОПК-6-У1	Л1.1Л2.1			Р22
6.8	Подготовка к лабораторным работам и к контрольной работе по теме "Физика рентгеновских лучей" /Ср/	6	6	ОПК-6-32 ОПК-6-У1	Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.1Л3.2 Э6		КМ5	

	<b>Раздел 7. Рентгеноструктурный в анализ</b>							
7.1	Принципы определения кристаллической структуры по рентгенограмме поликристалла. Определение формы и размеров элементарной ячейки. Прецизионное определение периода решет /Лек/	6	2	ПК-1-32 ПК-1-33	Л1.1Л2.1Л3.2			
7.2	Рентгеновский фазовый анализ. /Лек/	6	2	ПК-1-31 ПК-1-32	Л1.1Л2.1Л3.2 Э4			
7.3	Анализ твердых растворов: определение типа и концентрации твердого раствора, построение границы растворимости в двухкомпонентной системе. Упорядоченные твердые растворы. Анализ распада пересыщенных твердых растворов. Анализ рентгенограммы закаленной стали. /Лек/	6	4	ОПК-6-31 ПК-1-33	Л1.1Л2.1Л3.2			
7.4	Анализ дефектов по уширению Р.Л. Рентгенографическое определение остаточных напряжений. Анализ процессов, происходящих при нагреве деформированных материалов. /Лек/	6	2	ОПК-6-31 ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-1-У1	Л1.1Л2.1Л3.2			
7.5	Основные виды преимущественных ориентировок. Описание и анализ текстуры с помощью прямых полюсных фигур. Построение и анализ обратных полюсных фигур. /Лек/	6	2	ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-3-31	Л1.1Л3.2			
7.6	Рентгеноспектральный анализ /Лек/	6	2	ОПК-6-32	Л1.1 Л1.4			
7.7	Рентгеновский дифрактометр. Определение фазы по дифрактограмме поликристалла. /Лаб/	6	4	ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-1-У2 ПК-1-В1 ПК-3-33	Л1.4 Л1.5 Л1.6Л3.2 Э4 Э5			Р13
7.8	Индицирование линий дифрактограммы от поликристаллов кубической сингонии и определение периода решетки. /Лаб/	6	2	ОПК-6-У1 ПК-1-33 ПК-1-В1	Л1.4 Л1.5Л3.2			Р14
7.9	Определение плотности и характера распределения дислокаций по уширению рентгеновских линий (метод аппроксимации). /Лаб/	6	4	ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В2 ПК-1-33 ПК-1-У1	Л1.4 Л1.5Л3.2			Р15

7.10	Изучение работы текстур-дифрактометра. Построение прямых полюсных фигур поликристалла с кристаллографический текстурой и без текстуры. /Лаб/	6	4	ПК-1-33 ПК-1-В2 ПК-3-31	Л1.4 Л1.5 Л1.6Л3.2			P16
7.11	Выполнение домашнего задания "Качественный фазовый анализ" /Ср/	6	2	ПК-1-33 ПК-1-У2 ПК-1-В1	Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Э4 Э5			P23
7.12	Выполнение домашнего задания "Определение типа твердого раствора" /Ср/	6	2	ПК-1-33 ПК-1-В1	Л1.4 Л1.5 Л1.8Л2.1Л3.1 Л3.2			P24
7.13	Проработка лекционного материала и подготовка к контрольной работе по разделу "Рентгеноструктурный анализ) /Ср/	6	6	ОПК-6-32 ОПК-6-У1 ОПК-6-В2 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-1-У2 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.1Л3.2 Э6		КМ6	
<b>Раздел 8. Просвечивающая электронная микроскопия</b>								
8.1	Особенности дифракции электронов на кристалле. /Лек/	6	2	ОПК-6-32	Л1.1Л3.2			
8.2	Принципиальная оптическая схема просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ). Формирование изображения в ПЭМ и основные режимы работы прибора. Разрешающая способность ПЭМ. /Лек/	6	2	ОПК-6-32 ПК-1-32 ПК-1-33	Л1.1Л3.2			
8.3	Типы контрастов в ПЭМ /Лек/	6	4	ОПК-6-32 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-1-У1	Л1.1			
8.4	Знакомство с устройством и работой ПЭМ. Приготовление объектов и их просмотр в ПЭМ. /Лаб/	6	4	ОПК-6-32 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-1-У1 ПК-3-34	Л1.4 Л1.5Л3.2			P17
8.5	Расчет электронограммы поликристалла. /Лаб/	6	2	ОПК-6-32 ОПК-6-У1 ПК-1-32 ПК-1-33	Л1.4 Л1.5			P18
8.6	Расчет электронограммы монокристалла. /Лаб/	6	2	ОПК-6-32 ОПК-6-У1 ПК-1-32 ПК-1-33	Л1.4 Л1.5			P19
8.7	Подготовка к лабораторной работе по разделу ПЭМ /Ср/	6	2	ОПК-6-32 ОПК-6-У1 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-3-34	Л1.1 Л1.4 Л1.5Л3.2 Э6			
8.8	Подготовка к контрольной работе по теме Просвечивающая электронная микроскопия /Ср/	6	2	ОПК-6-32 ОПК-6-У1 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-3-34	Л1.1 Л1.4 Л1.5Л3.2		КМ7	
<b>Раздел 9. Растровая электронная микроскопия</b>								

9.1	Принцип растровой (сканирующей) микроскопии. Принципиальная оптическая схема растрового микроскопа (РЭМ). Получение изображения. /Лек/	6	2	ОПК-6-32 ПК-3-34	Л1.1Л3.2			
9.2	Виды контраста в РЭМ: контраст во вторичных электронах (топография поверхности), в обратно рассеянных («отраженных») электронах (неоднородность элементного состава), в характеристическом рентгеновском излучении (распределение химических элементов). Разрешение РЭМ в различных ответных сигналах. /Лек/	6	2	ОПК-6-32 ПК-1-33	Л1.1 Л1.4 Л1.5			
9.3	Анализ элементного состава материала в микрообъеме с помощью электронно-спектроскопических методов. Рентгеноспектральный микроанализ, качественный и количественный анализ. /Лек/	6	2	ОПК-6-32 ПК-1-33 ПК-3-34	Л1.1Л3.2			
9.4	Знакомство с устройством и работой РЭМ. Знакомство с устройством и работой РЭМ-микроанализатора. Приготовление образцов и их просмотр в РЭМ. /Лаб/	6	4	ОПК-6-32 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-3-34	Л1.4 Л1.5Л3.2			Р20
9.5	подготовка к лабораторной работе по разделу РЭМ /Ср/	6	2	ОПК-6-32 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-3-34	Л1.4 Л1.5Л3.2 Э6			
9.6	Подготовка к контрольной работе по разделу РЭМ /Ср/	6	4	ОПК-6-32 ОПК-6-У1 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-3-34	Л1.1 Л1.4 Л1.5Л3.2			КМ8
9.7	Подготовка к экзамену по курсу /Ср/	6	10	ОПК-6-32 ОПК-6-У1 ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-1-У2 ПК-1-В2 ПК-3-33 ПК-3-34	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.1Л3.2 Э4 Э5 Э6			КМ9

## 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 по разделам 1, 2, 3	ОПК-6-31;ПК-3-32;ПК-3-31;ПК-1-31	<p>Контрольная работа № 1 по разделам 1-3</p> <p>1 Объясните ход кривых на диаграмме рекристаллизации железа</p> <p>2 Методы выращивания монокристаллов</p> <p>3 Определите плотность дислокаций на рисунке 3. Увеличение 500</p> <p>4 Нарисуйте атомную схемы краевой единичной дислокации . Укажите линию дислокации. Вектор Бюргерса экстраплоскость</p> <p>5 По форме и расположению фигур травления определите, на каком рисунке (а,б,в) изображен текстурированный поликристалл , поликристалл, монокристалл.</p> <p>6 Теория гомогенной кристаллизации .Выведите формулу для критического радиуса зародыша.</p> <p>7 Нарисуйте диаграмму с монотектическим превращением и вырожденной эвтектикой</p> <p>8 Мартенситный механизм аллотропического превращения</p> <p>9 Фазовые переходы второго рода. Диаграммный признак. Построение кривых термического анализа</p> <p>10 Спинодальный распад пересыщенных твердых растворов</p> <p>11 Зонная плавка</p> <p>8 Рассчитайте доли структурных составляющих для микроструктуры на рисунке 1 методом Розиваля. Обязательно поясните свои расчеты;</p> <p>9 На рисунке 2 приведена микроструктура сплава с увеличением фото 500. Определите методом Салтыкова средний размер зерен. Ответ дать в мкм2.</p> <p>10 На рисунке 2 приведена микроструктура сплава с увеличением фото 500. Определите методом Джеффриса средний размер зерен. Ответ дать в мкм2.</p> <p>11 Определите плотность дислокаций на рисунке 3. Увеличение 500.</p> <p>12 Определите угол разориентировки между зернами на рисунке 3. Увеличение 500.</p>
КМ2	Коллоквиум № 1 "Структурообразование в двухкомпонентных сплавах"	ОПК-6-31;ПК-1-31	<p>Условия задач (к каждому варианту коллоквиума приложена диаграмма с обозначенными X, Y и конкретными данными для задач). Примеры диаграмм и билема коллоквиума № 1 размещен в приложении к РПД.</p> <p>1 Расставить фазы на диаграмме.</p> <p>2 Описать растворимость компонентов в жидком и твердом состоянии.</p> <p>3 Указать фазовые переходы второго рода и аллотропические превращения.</p> <p>4 Записать трехфазные реакции с указанием температуры и химического состава фаз. В сплаве X определить массу фаз, вступающих в реакцию или образующихся в процессе трехфазной реакции при указанной температуре.</p> <p>5 Найти интервал составов сплавов, в которых при низких температурах фазовые составляющие отличаются от структурных.</p> <p>6 Для сплава состава точки Y построить кривую термического анализа при охлаждении, нарисовать структуру при низкой температуре, рассчитать массу и определить химический состав фазовых и структурных составляющих при низкой температуре.</p> <p>7 По заданному количеству фазовых или структурных составляющих определить химический состав сплава.</p> <p>8. Проследить за изменением количества и химического состава фаз и структурных составляющих в сплавах указанного состава (от т. А до т. В) при выделенной температуре.</p>

КМЗ	Кolloквиум № 2 "Структурoобразoвание в трехкомпонентных сплавах"	ОПК-6-31;ПК-3-32;ПК-3-У1;ПК-1-31	<p>Условия задач (к каждому варианту коллоквиума приложена диаграмма с обозначенными X, Y и конкретными данными для задач). Примеры диаграмм и билета коллоквиума № 2 размещен в приложении к РПД.</p> <p>1 На рис. 1 найти область существования сплавов, в которых при низкой температуре присутствуют только первичные кристаллы А и двойная эвтектика (А+В).</p> <p>2 Даны лигатуры I, II и III, химический состав которых указан ниже. В каком соотношении надо соединить эти лигатуры, чтобы получить сплав состава X – 20 %А, 50 %В, 30 %С.? I) 15 %А, 25 % В, 60 %С; II) 30 %А, 40 %В, 30 %С; III) 20 %А, 70 %В, 10 %С. Для построений воспользуйтесь рис.2.</p> <p>3 Указать изменение химического состава фаз при кристаллизации сплава X.</p> <p>4 Постройте изотермическое сечение при температуре 650 оС.</p> <p>5 Постройте политермическое сечение, указанное преподавателем на рис. 2.</p>
-----	---	----------------------------------	--

КМ4	Экзамен за 5 семестр	ОПК-6-31;ПК-3-31;ПК-3-32;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-1-В2	<p>Экзаменационный билет состоит из 5 вопросов:</p> <p>Вопросы 1 и 3 - теоретический вопрос по разделам курса 1-4.</p> <p>1 Влияние скорости охлаждения и модифицирования на размер зерен, получаемых в результате кристаллизации ?</p> <p>2 Динамическая рекристаллизация.</p> <p>3 Опишите взаимодействие дислокаций друг с другом и другими дефектами кристаллического строения?</p> <p>4 Определение и причина дендритной ликвации. Направленная кристаллизация и зонная плавка.</p> <p>5 Метастабильные фазы Причины образования</p> <p>6 Как изменится размер критического зародыша при увеличении переохлаждения Дайте объяснения?</p> <p>7 Влияние рекристаллизационного отжига на структуру и свойства (ОПК-4.1-33)?</p> <p>8 Методы Бриджмена и Чохральского .</p> <p>9 Механизм пластической деформации?</p> <p>10 Влияние холодной пластической деформации на структур и свойства ?</p> <p>11 Дендритная ликвация в процессе перитектического превращения ?</p> <p>12 Распад по механизму образования и роста зародыша ?</p> <p>13 Что такое спиноподальный распад? Какие структуры при этом образуются ?</p> <p>14 Коалесценция и сфероидизация ?</p> <p>15 Опишите процесс формирования структуры слитка и возможные методы влияния на нее .</p> <p>Вопрос 2 - вопрос на остаточные знания курса "Кристаллография" и раздел 1 курса.</p> <p>1 Какая плоскость является наиболее плотно упакованной в ГЦК решетке? Какую роль играют такие плоскости (ОПК-4.1-33)?</p> <p>2 Какая плоскость является наиболее плотно упакованной в ОЦК решетке? Какую роль играют такие плоскости ?</p> <p>3 Какое направление является наиболее плотно упакованным в ГЦК решетке ?</p> <p>4 Какое направление является наиболее плотно упакованным в ОЦК решетке ?</p> <p>5 Какое направление является наиболее плотно упакованным в ГП решетке ?</p> <p>6 Сколько атомов приходится в среднем на одну элементарную ячейку ГЦК решетки ?</p> <p>7 Сколько атомов приходится в среднем на одну элементарную ячейку ОЦК решетки ?</p> <p>8 Сколько атомов приходится в среднем на одну элементарную ячейку ГП решетки ?</p> <p>9 Сколько атомов приходится в среднем на одну элементарную ячейку ОЦТ решетки ?</p> <p>10 Определите систему скольжения для металлов с оцк решеткой</p> <p>11 Определите систему скольжения для металлов с гцк решеткой</p> <p>12 Нарисуйте оцк решетку и покажите расположение и направление вектора Бюргерса</p> <p>13 Нарисуйте гцк решетку и покажите расположение и направление вектора Бюргерса</p> <p>14 Определите размерной и структурное соответствий решеток альфа железа и гамма железа при формировании межфазной когерентной границы</p> <p>15 Определите величину и направление вектора Бюргерса для низкотемпературной модификации железа</p> <p>Вопрос 4 (задача по фазовому равновесию и структурообразованию в двойных сплавах). Расставьте фазы на диаграмме. Для сплава состава точки X постройте кривую термического анализа при охлаждении( нагреве) Опишите фазовые и структурные превращения. При низкой температуре нарисуйте схему микроструктуры сплава, определите массу и химический состав фазовых и структурных составляющих.</p> <p>Вопрос 5 (задача по фазовому равновесию и структурообразованию в тройных сплавах).</p> <p>1 Постройте изотермический разрез диаграммы при температуре T</p> <p>2 Постройте политермическое сечение диаграммы при постоянном</p>
-----	----------------------	--	---



			<p>содержании компонента А =10%</p> <p>3 Опишите фазовые и структурные превращения в сплаве Х при понижении температуры Укажите изменение химического состава фаз в процессе кристаллизации при низкой температуре определите по правилу рычага и правилу центра тяжести треугольника массовые доли фазовых и структурных составляющих</p> <p>4 По заданному количеству фазовых или структурных составляющих определите состав сплава</p>
КМ5	Контрольная работа по теме: "Физика рентгеновских лучей"	ОПК-6-32;ПК-3-33	<p>1. Природа и свойства рентгеновских лучей, их получение и регистрация.</p> <p>2. Явления, сопровождающие прохождение рентгеновских лучей через вещество: ослабление, фотоэлектрическое поглощение, рассеяние.</p> <p>3 Использование закономерностей ослабления проникающих излучений в рентгеновской и гамма-дефектоскопии.</p>
КМ6	Контрольная работа по теме: "Рентгеноструктурный анализ"	ОПК-6-32;ПК-3-33;ПК-1-32;ПК-1-33;ПК-1-В1	<p>1. Качественный и количественный фазовый анализ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- на чем основан анализ</li> <li>- чувствительность и точность РФА</li> <li>- факторы, определяющие чувствительность РФА</li> <li>- основные методы количественного фазового анализа</li> </ul> <p>2. Твердые растворы</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные типы твердых растворов</li> <li>- изменение в структуре материала при образовании твердого раствора</li> <li>- закон Вегарда</li> <li>- изменения на рентгенограмме при образовании твердых растворов</li> <li>- определение концентрации твердого раствора по рентгенограмме</li> <li>- рентгенографическое определение типа твердого раствора</li> </ul> <p>3. Рентгеноанализ текстур</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определение и основные виды текстур</li> <li>- примеры записи ориентировок</li> <li>- изменения на рентгенограмме при наличии в образце текстуры</li> </ul> <p>4. Анализ профиля рентгеновской линии</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные причины физического уширения</li> <li>- экспериментальное определение физического уширения</li> <li>- геометрическое уширение, требование к эталону</li> </ul>
КМ7	Контрольная работа по теме: "Просвечивающая электронная микроскопия"	ОПК-6-32;ПК-3-34;ПК-1-32;ПК-1-33	<p>основные характеристики ПЭМ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Образцы для исследования в ПЭМ</li> <li>- основные режимы работы ПЭМ</li> <li>- основные задачи, решаемые просвечивающей электронной микроскопией.</li> </ul>
КМ8	Контрольная работа по теме: "Растовая электронная микроскопия"	ОПК-6-32;ПК-3-34;ПК-1-32;ПК-1-33	<p>основные характеристики РЭМ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Образцы для исследования в РЭМ</li> <li>- основные режимы работы РЭМ</li> <li>- основные задачи, решаемые растовой электронной микроскопией.</li> </ul>

КМ9	Экзамен за 6 семестр	ОПК-6-31;ОПК-6-32;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1;ОПК-6-В2;ПК-3-31;ПК-3-32;ПК-3-33;ПК-3-34;ПК-1-31;ПК-1-32;ПК-1-33;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-В1;ПК-1-В2	<p>Рентгеновские лучи. Сплошной и характеристический спектры. (Задача: Изобразить вид спектров, испускаемых рентгеновской трубкой при различных ускоряющих напряжениях)</p> <p>Взаимодействие рентгеновских лучей с веществом, основной закон ослабления рентгеновских лучей.</p> <p>Рассеяние электроном, атомом, кристаллом.</p> <p>Уравнения Лауэ и Вульф-Брегга.</p> <p>Интенсивность рентгеновских максимумов. Множители интенсивности. (Задача: Теоретический расчет относительной интенсивности)</p> <p>Принципы определения кристаллической структуры по рентгенограмме поликристалла. Определение формы и размеров элементарной ячейки. (Задача: Индексирование линий дифрактограммы от поликристаллов кубической сингонии и определение периода решетки)</p> <p>Прецизионное определение периода решетки</p> <p>Фазовый рентгеноструктурный анализ (качественный и количественный) Факторы, определяющие чувствительность. (Задача: Определение вещества по дифрактограмме поликристалла)</p> <p>Анализ твердых растворов: определение типа и концентрации твердого раствора. (Задача: определение типа твердого раствора, определение концентрации растворенного компонента)</p> <p>Построение границы растворимости в двухкомпонентной системе. Упорядоченные твердые растворы. Рентгенографическое определение степени дальнего порядка.</p> <p>Анализ распада пересыщенных твердых растворов.</p> <p>Анализ рентгенограммы закаленной стали.</p> <p>Анализ дефектов по уширению Р.Л. (Задача: Определение плотности и характера распределения дислокаций по уширению рентгеновских линий)</p> <p>Основные виды преимущественных ориентировок. Описание и анализ текстуры с помощью прямых полюсных фигур. (Задача: Построение прямой полюсной фигуры и анализ по ней ограниченной текстуры). Построение и анализ обратных полюсных фигур.</p> <p>Особенности дифракции электронов и нейтронов на кристалле. Электронография: получение и расчет электронограмм, основные области применения электронографии.</p> <p>Основные характеристики ПЭМ</p> <p>Типы контрастов в ПЭМ</p> <p>Основные характеристики РЭМ</p> <p>Типы сигналов в РЭМ</p>
-----	----------------------	--	--

**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
Р1	Лабораторная работа 1 Изучение металлографического микроскопа	ОПК-6-У1	Ознакомление с устройством и оптической схемой металлографического микроскопа. Освоение методов выбора оптики, настройки микроскопа, приобретение навыков изучения микроструктуры.
Р2	Лабораторная работа 2 Приготовление образца для изучения микроструктуры с помощью светового микроскопа.	ОПК-6-У1	Освоение основных методов подготовки образцов для исследования микроструктуры на световом микроскопе. Освоение методов выявления микроструктуры.
Р3	Лабораторная работа 3 Количественный металлографический анализ	ОПК-6-У1;ПК-3-У1	Освоение основных методов количественной металлографии: определение величины зерна, объемной доли структурных составляющих.

P4	Лабораторная работа 4 Изучение дефектов кристаллического строения металлов с помощью светового микроскопа	ОПК-6-У1;ПК-3-31;ПК-3-32;ПК-3-У1;ПК-1-31	Ознакомление с основами металлографического метода выявления дислокаций и границ зерен. Освоение методов определения плотности дислокаций и угла разориентировки субзерен по ямкам травления. Ознакомление с методом определения разориентировки зерен по фигурам травления.
P5	Лабораторная работа 5 Микроструктура и свойства пластически деформированного и рекристаллизованного металла	ОПК-6-У1;ОПК-6-В1;ПК-3-31;ПК-3-32;ПК-3-У1	Изучение влияния холодной пластической деформации на структуру и прочность металла. Изучение влияния отжига на структуру и прочность деформированного металла. Ознакомление с методами измерения твердости.
P6	Лабораторная работа 6 Микроструктура сплавов двойных систем с эвтектическим и перитектическим превращениями	ОПК-6-У1;ОПК-6-В1;ПК-3-31;ПК-3-32;ПК-3-У1;ПК-1-У1;ПК-1-В1	Научиться распознавать структурные составляющие в сплавах после завершения их затвердевания. Научиться предсказывать морфологию первичных кристаллов и эвтектики в зависимости от условий охлаждения и состава сплава. Освоение метода количественной оценки состава сплава по соотношению структурных составляющих. Закрепление навыков анализа фазовых и структурных изменений при охлаждении двойных сплавов разных систем.
P7	Лабораторная работа 7 Микроструктура тройных сплавов	ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Научиться анализировать фазовые превращения и описывать формирование микроструктуры тройных сплавов.
P8	Лабораторная работа 8 Изучение простых диаграмм фазового равновесия двойных систем с неограниченной растворимостью в жидком состоянии	ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Изучение простых диаграмм фазового равновесия двойных систем с неограниченной растворимостью в жидком состоянии
P9	Лабораторная работа 9 Изучение сложных диаграмм фазового равновесия двойных систем с превращениями в твердом состоянии.	ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Изучение сложных диаграмм фазового равновесия двойных систем с превращениями в твердом состоянии.
P10	РГР. Домашнее задание 1 Структурообразование в двухкомпонентных сплавах	ОПК-6-В1;ОПК-6-31;ПК-3-31;ПК-3-32;ПК-1-31;ПК-1-У1	Решение задач. Структурообразование в двухкомпонентных сплавах
P11	РГР. Домашнее задание 2 Структурообразование в тройных сплавах	ОПК-6-В1;ОПК-6-31;ПК-3-31;ПК-3-32;ПК-1-У1	Решение задач. Структурообразование в тройных сплавах
P12	Лабораторная работа 6.1 Теоретический расчет относительной интенсивности	ОПК-6-32;ПК-3-33;ПК-1-32;ПК-1-33;ПК-1-В1	Используя кинематическую теорию, рассчитать теоретическую интенсивность рентгеновских линий при известном излучении для чистого металла, сравнить результаты с экспериментальными данными.

P13	Лабораторная работа 6.2 Рентгеновский дифрактометр. Определение фазы по дифрактограмме поликристалла.	ОПК-6-32;ПК-3-33;ПК-1-32	Знакомство с устройством дифрактометра, видами образцов, схемами съемки. Снять дифрактограмму. Расшифровать полученную рентгенограмму, т.е. определить фазу.
P14	Лабораторная работа 6.3 Индицирование линий дифрактограммы от поликристаллов кубической сингонии и определение периода решетки.	ОПК-6-У1;ПК-1-32;ПК-1-33	Провести индицирование линий дифрактограммы поликристалла, определить тип решетки Бравэ, определить период решетки.
P15	Лабораторная работа 6.4 Определение плотности и характера распределения дислокаций по уширению рентгеновских линий (метод аппроксимации).	ОПК-6-32;ПК-1-32;ПК-1-33;ПК-1-В1	Используя метод аппроксимации, определить плотность и характер распределения (хаотичное или упорядоченное) дислокаций образцов после различных степеней деформации и температур отжига
P16	Лабораторная работа 6.5 Кристаллографические текстуры.	ПК-3-33;ПК-1-32;ПК-1-33;ПК-1-В1	Изучение работы текстур-дифрактометра. Построение прямых полюсных фигур поликристалла с кристаллографической текстурой и без текстуры.
P17	Лабораторная работа 6.6 Просвечивающий электронный микроскоп	ПК-3-34;ПК-3-У1;ПК-1-32;ПК-1-33	Знакомство с устройством и работой ПЭМ. Приготовление объектов и их просмотр в ПЭМ.
P18	Лабораторная работа 6.7 Расчет электронограммы поликристалла.	ОПК-6-32;ПК-1-33;ПК-1-В1	По электронограмме поликристалла определить фазу.
P19	Лабораторная работа 6.8 Расчет электронограммы монокристалла.	ОПК-6-32;ПК-1-33;ПК-1-В1	По электронограмме провести индицирование и определить ориентировку монокристалла.
P20	Лабораторная работа 6.9 Растовый электронный микроскоп	ОПК-6-32;ПК-3-34;ПК-3-У1;ПК-1-32;ПК-1-33;ПК-1-У1;ПК-1-В1	Знакомство с устройством и работой РЭМ. Знакомство с устройством и работой РЭМ-микроанализатора. Приготовление образцов и их просмотр в РЭМ.
P21	Домашнее задание 6.1 "Повторение кристаллографии"	ПК-1-В2;ОПК-6-У1	Решение задач по геометрической кристаллографии кристаллохимии.
P22	Домашнее задание 6.2 Расчет бета фильтра	ОПК-6-32;ОПК-6-У1;ПК-3-33;ПК-1-33	Расчитать бета фильтр для заданного излучения.
P23	Домашнее задание 6.3 Качественный фазовый анализ	ОПК-6-32;ОПК-6-У1;ПК-3-33;ПК-1-33;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-В1	По дифрактограмме определить качественный состав образца.
P24	Домашнее задание 6.4 Твердые растворы	ОПК-6-В1;ПК-3-32;ПК-1-31;ПК-1-33;ПК-1-У1;ПК-1-В1	Определить типы твердых растворов для образцов с известным химическим составом.

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

В семестре 5 предусмотрен экзамен.

Экзаменационный билет семестра 5 состоит из 5 вопросов. Типовые вопросы экзамена приведены в вопросах самоподготовки. Пример экзаменационного билета размещен в приложении к РПД.

Вопрос 1 - вопрос по теории разделов 1-4.

Вопрос 2 - вопрос по разделу 1-4 курса.

Вопрос 3 - вопрос по разделу 1-4 курса.

Вопрос 4 - задача по фазовому равновесию и структурообразованию в двойных сплавах.

Вопрос 5 - задача по фазовому равновесию и структурообразованию в тройных сплавах.

В 6 семестре предусмотрен экзамен.

Экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов и задачи. Типовые вопросы и примеры задач приведены в вопросах самоподготовки.

Пример экзаменационного билета размещен в приложении к РПД.

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

Шкала оценивания знаний обучающихся на экзамене:

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 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	Уманский Я. С., Скаков Ю. А., Иванов А. Н., Расторгуев Л. Н.	Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1982
Л1.2	Лившиц Б. Г.	Металлография: учебник для студ. металлург. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1990
Л1.3	Малинина Раиса Ивановна, Введенский Вадим Юрьевич, Малютина Елена Сергеевна, др., Малинина Раиса Ивановна, Введенский Вадим Юрьевич	Микроструктура металлических сплавов: лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2007
Л1.4	Горелик С. С., Скаков Ю. А., Расторгуев Л. Н.	Рентгенографический и электронно-оптический анализ: учеб. пособие для вузов	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2002
Л1.5	Горелик С. С., Скаков Ю. А., Расторгуев Л. Н.	Рентгенографический и электронно-оптический анализ: Учеб. пособие для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 1994
Л1.6	Горелик С. С., Скаков Ю. А., Расторгуев Л. Н.	Рентгенографический и электронно-оптический анализ: приложения: Учеб. пособие для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1970

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.7	Лилеев Алексей Сергеевич, Малютина Елена Сергеевна	Фазовые равновесия и структурообразование: сб. задач	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2009
Л1.8	Лилеев Алексей Сергеевич, Малютина Елена Сергеевна	Фазовые равновесия и структурообразование. Двухкомпонентные диаграммы фазового равновесия: сб. задач: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 150400 - 'Металлургия'	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2012
Л1.9	Столяров В. Л., Малютина Е. С., Введенский В. Ю.	Фазовые превращения и структурообразование: учебник	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2018

### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Новиков И. И., Розин К. М.	Кристаллография и дефекты кристаллической решетки: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgiya, 1990
Л2.2	Новиков И. И.	Теория термической обработки металлов: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgiya, 1986

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Захаров А. М.	Диаграммы состояния двойных и тройных систем: учеб. пособие для студ. металлург. и машиностроит. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgiya, 1990
Л3.2	Векилова Галина Владимировна, Иванов А. Н., Ягодкин Юрий Дмитриевич	Дифракционные и микроскопические методы и приборы для анализа наночастиц и наноматериалов: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 'Металлургия'	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2009
Л3.3	Уманский Я. С.	Рентгенография металлов и полупроводников: монография	Электронная библиотека	Москва: Metallurgiya, 1969

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

Э1	Видеофильм "Дефекты, дислокации кристаллической структуры". <a href="https://www.youtube.com/watch?v=76qW6gm6cV0">https://www.youtube.com/watch?v=76qW6gm6cV0</a>	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=76qW6gm6cV0">https://www.youtube.com/watch?v=76qW6gm6cV0</a>	
Э2	Электронное пособие Малютина Е.С. Трехкомпонентные диаграммы фазового равновесия. Часть 1. <a href="https://misis.ru/files/-/8eeb312de00d8560beec848ece0f3981/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%B5_%D0%BF%D0%BE_%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B9%D0%BD%D1%8B%D0%BC.pdf">https://misis.ru/files/-/8eeb312de00d8560beec848ece0f3981/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%B5_%D0%BF%D0%BE_%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B9%D0%BD%D1%8B%D0%BC.pdf</a>	<a href="https://misis.ru/files/-/8eeb312de00d8560beec848ece0f3981/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%B5_%D0%BF%D0%BE_%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B9%D0%BD%D1%8B%D0%BC.pdf">https://misis.ru/files/-/8eeb312de00d8560beec848ece0f3981/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%B5_%D0%BF%D0%BE_%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B9%D0%BD%D1%8B%D0%BC.pdf</a>	
Э3	Электронные тренажеры по тройным диаграммам. <a href="https://misis.ru/files/-/50ee949feee1e318a7b251790cbac451/Malutina.pdf">https://misis.ru/files/-/50ee949feee1e318a7b251790cbac451/Malutina.pdf</a>	<a href="https://misis.ru/files/-/50ee949feee1e318a7b251790cbac451/Malutina.pdf">https://misis.ru/files/-/50ee949feee1e318a7b251790cbac451/Malutina.pdf</a>	
Э4	International Centre for Diffraction Data	<a href="http://www.icdd.com/">http://www.icdd.com/</a>	
Э5	Inorganic Crystal Structure Database:	<a href="https://p1.misis.ru:5019/RPD/Index/1685435/%20http://www.fiz-karlsruhe.de/icsd.html">https://p1.misis.ru:5019/RPD/Index/1685435/%20http://www.fiz-karlsruhe.de/icsd.html</a>	
Э6	Научная электронная библиотека eLIBRARY	<a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.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	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.3	ESET NOD32 Antivirus
П.4	Microsoft Office
П.5	MS Teams

#### 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	Иностраннные 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>

### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
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.
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-420	Учебная аудитория	проектор; мультимедийная доска; маркерная доска, документ-камера; компьютер преподавателя; микроскопы металлографические 11 шт., комплект учебной мебели
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
Б-413	Учебная аудитория	проектор; мультимедийная доска; маркерная доска, документ-камера; компьютер преподавателя; компьютерный класс на 14 компьютеров, пакет лицензионных программ MS Office, комплект учебной мебели

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Проведение лекций и лабораторных занятий осуществляется исключительно в аудиториях, обеспеченных мультимедийным оборудованием, с возможностью показа презентаций и видеофильмов.

Проведение лабораторных работ осуществляется в специализированных лабораториях (Б-416, Б-420, Б-413), при проведении занятий группы разбиваются на подгруппы, численностью обучающихся не более 12 студентов.

Лекционные занятия нацелены на изучение студентами общих вопросов материаловедения (5 семестр) и методов исследования материалов (6 семестр).

Лабораторные занятия должны быть нацелены на практическое изучение особенностей структуры и фазового равновесия изучаемых металлов, особенностей их термической обработки, технологии формирования эксплуатационных свойств (5 семестр), дифракционных методов исследования материалов, возможности и задачи (6 семестр)

Предусматриваются домашние задания, включающие задачи по фазовым превращениям, структурообразованию, РФА.

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 (см. выше) лаборатории с возможностью проведения занятий в интерактивной форме (База данных «Микроструктура»);
- использование при проведении лекционных занятий активных форм обучения учебных видеоматериалов и

компьютерных тренажеров.

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.

В рамках учебного курса возможно привлечение представителей российских компаний, государственных и общественных организаций материаловедческой направленности: ФГУП «ЦНИИЧермет» им. И.П. Бардина, ИМЕТ РАН им. А.А. Байкова, ОАО НИИ РЖД.

Подготовка к контрольным работам проводится в часы самостоятельной работы и, при необходимости, в часы консультаций лектора.

По курсу предусмотрены экзамены в 5 и 6 семестрах.