

Приложение 4  
к ОПОП ВО 18.03.01 ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ,  
профиль Химическая технология новых материалов

## Рабочая программа дисциплины

# Методы исследования материалов

Закреплена за подразделением

Кафедра физического материаловедения

Направление подготовки

18.03.01 ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Профиль

Химическая технология новых материалов

Квалификация **Бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **7 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 252

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 5

аудиторные занятия 136

зачет с оценкой 6

самостоятельная работа 44

часов на контроль 72

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр ( <b>&lt;Курс&gt;.&lt;Семестр на курсе&gt;</b> )	<b>5 (3.1)</b>		<b>6 (3.2)</b>		Итого	
Неделя	18		18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34	68	68
Лабораторные	34	34	17	17	51	51
Практические			17	17	17	17
Итого ауд.	68	68	68	68	136	136
Контактная работа	68	68	68	68	136	136
Сам. работа	4	4	40	40	44	44
Часы на контроль	72	72			72	72
Итого	144	144	108	108	252	252

Программу составил(и):

*кфмн, ведущий эксперт, Дьяконова Наталья Павловна; старший преподаватель, Захарова Елена Александровна; ктн, доцент, Новиков Александр Ильич; к.ф.-м.н., доц., Савченко Елена Сергеевна*

Рабочая программа дисциплины

**Методы исследования материалов**

Разработана в соответствии с ОС ВО НИТУ МИСИС

по направлению подготовки 18.03.01 ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

18.03.01 ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ, 18.03.01-БХТ-25-1.plx профиль Химическая технология новых материалов, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 30.05.2024, протокол № 4-24

Утверждена в составе ОПОП ВО:

18.03.01 ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ, профиль Химическая технология новых материалов, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 30.05.2024, протокол № 4-24

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра физического материаловедения**

Протокол от 22.04.2024 г., №220.24.2-14

Руководитель подразделения Савченко Александр Григорьевич

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ	
1.1	Сформировать компетенции в соответствии с требованиями учебного плана, а также научить основам современных дифракционных и микроскопических методов исследования материалов, пониманию возможностей этих методов, их точности, чувствительности, локальности и применимости с целью изучения связи между составом, структурой и свойствами и контроля качества материалов и технологических процессов их производства

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Блок ОП: Б1.О	
2.1	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
2.1.1	Физическая химия
2.1.2	Математическая статистика и анализ данных
2.1.3	Методы математической физики
2.1.4	Инженерная и компьютерная графика
2.1.5	Электротехника
2.1.6	Информатика и основы искусственного интеллекта
2.1.7	Математика
2.1.8	Теоретическая механика и основы теории упругости.
2.1.9	Физика
2.1.10	Кристаллография
2.1.11	Химия
2.1.12	Аналитическая геометрия
2.2	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Технологии получения композиционных материалов
2.2.2	Нормы и правила оформления ВКР
2.2.3	Методы обработки статистических данных (анализ данных)
2.2.4	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.5	Моделирование химико-технологических процессов
2.2.6	Теория химической связи
2.2.7	Методы физико-химических исследований
2.2.8	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.9	Физические свойства твердых тел
2.2.10	Процессы и аппараты химической технологии
2.2.11	Термодинамика сложных систем
2.2.12	Физико-химия конденсированного состояния
2.2.13	Компьютерные методы в физической химии
2.2.14	Методы исследования структуры и свойства композиционных материалов
2.2.15	Оформление результатов научной деятельности

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ	
<b>ОПК-2: Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы, применять знания фундаментальных наук для решения задач профессиональной деятельности</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-2-31 физику рентгеновских лучей, законы рассеяния электроном, атомом, кристаллом, особенности дифракции рентгеновских лучей, электронов и нейтронов на кристалле;	
<b>ОПК-1: Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-1-32 принципы формирования контраста в просвечивающей и растровой электронной микроскопии	
ОПК-1-31 основную техническую документацию, а также нормы и стандарты для методов исследования материалов	
<b>ОПК-2: Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы, применять знания фундаментальных наук для решения задач профессиональной деятельности</b>	
<b>Уметь:</b>	
ОПК-2-У1 использовать знания фундаментальных основ, подходы и методы математики и физики, в профессиональной деятельности, в интегрировании имеющихся знаний;	
<b>ОПК-1: Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области</b>	

<b>Уметь:</b>
ОПК-1-У1 планировать научный эксперимент, с обоснованием выбора методов исследования
ОПК-1-У2 применять полученные знания для решения материаловедческих и физических задач профессиональной деятельности при выполнении комплексных междисциплинарных исследований
<b>ОПК-2: Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы, применять знания фундаментальных наук для решения задач профессиональной деятельности</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-2-В2 навыками постановки и выполнения физических исследований
ОПК-2-В1 навыками подготовки документации, проектов планов проведения исследований материалов
<b>ОПК-1: Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-1-В1 навыками сопоставления результатов исследований различными методами, в том числе методом математического и компьютерного моделирования, и опытом оценки полученных результатов

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. Подготовка к контрольным мероприятиям и выполняемым работам</b>							
1.1	/Ср/	6	0					
	<b>Раздел 2. Физика рентгеновских лучей</b>							
2.1	Рентгеновские лучи. Сплошной и характеристический спектры. Взаимодействие рентгеновских лучей с веществом, основной закон ослабления рентгеновских лучей. /Лек/	5	2	ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3 Л2.5Л3.1			
2.2	Устройство рентгеновских трубок и аппаратов. Выбор излучения и подбор фильтров. Счетчики рентгеновских квантов. Проверка закона ослабления рентгеновских лучей материалом. /Лаб/	5	3	ОПК-1-У1 ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3 Л2.5Л3.1			
2.3	Рассеяние электроном, атомом, кристаллом. Обратная решетка. Обратное пространство. Представление основных методов рентгеноструктурного анализа с помощью понятия ОР. Уравнения Лауэ и Вульф-Брегга. /Лек/	5	4	ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3 Л2.5Л3.1			
2.4	Интегральная интенсивность интерференционных максимумов. Расчет интенсивности в рамках кинематического приближения. /Лек/	5	4	ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.5Л3.1			
2.5	Теоретический расчет относительной интенсивности /Лаб/	5	2	ОПК-1-У1 ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1Л3.1			

2.6	Выполнение домашнего задания "Расчет бета фильтра" /Ср/	5	1	ОПК-1-У2	Л1.1 Л1.2Л2.5Л3.1			
2.7	Подготовка к контрольной работе №1 по теме "Физика рентгеновских лучей" /Ср/	5	1	ОПК-2-31 ОПК-2-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.3 Л2.5Л3.1 Э3		КМ1	
	<b>Раздел 3. Рентгеноструктурный анализ</b>							
3.1	Принципы определения кристаллической структуры по рентгенограмме поликристалла. Определение формы и размеров элементарной ячейки. Прецизионное определение периода решетки /Лек/	5	2	ОПК-2-31 ОПК-2-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.5Л3.1			
3.2	Рентгеновский фазовый анализ. /Лек/	5	4	ОПК-1-У2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.3 Л2.5Л3.1 Э1			
3.3	Анализ твердых растворов: определение типа и концентрации твердого раствора, построение границы растворимости в двухком-понентной системе. Упорядоченные твердые растворы. Анализ распада пересыщенных твердых растворов. Анализ рентгенограммы закаленной стали. /Лек/	5	4	ОПК-1-У2 ОПК-2-В2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.5Л3.1			
3.4	Анализ дефектов по уширению Р.Л. Рентгенографическое определение остаточных напряжений. Анализ процессов, происходящих при нагреве деформированных материалов. /Лек/	5	4	ОПК-1-У1 ОПК-1-У2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л3.1			
3.5	Основные виды преимущественных ориентировок. Описание и анализ текстуры с помощью прямых полюсных фигур. Построение и анализ обратных полюсных фигур. /Лек/	5	4	ОПК-1-У1 ОПК-1-У2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3.1			
3.6	Рентгеноспектральный анализ /Лек/	5	2	ОПК-1-У2 ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.5Л3.1			
3.7	Изучение рентгеновской камеры РКСО для исследования неподвижных монокристаллов и определение ориентировки монокристалла по лауэграмме. /Лаб/	5	3	ОПК-1-У2 ОПК-2-В2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л3.1			
3.8	Индицирование линий дифрактограммы от поликристаллов кубической сингонии и определение периода решетки. /Лаб/	5	2	ОПК-1-У2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.3Л3.1			
3.9	Построение границы растворимости методом прецизионного определения	5	2	ОПК-1-У2 ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.5Л3.1			

	периодов решетки. /Лаб/							
3.10	Определение плотности и характера распределения дислокаций по уширению рентгеновских линий (метод аппроксимации). /Лаб/	5	4	ОПК-1-У2 ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3Л3.1			
3.11	Построение прямых полюсных фигур поликристалла с кристаллографический текстурой и без текстуры. /Лаб/	5	4	ОПК-1-У2 ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3 Л2.5Л3.1			
3.12	Рентгеновский дифрактометр. Определение фазы по дифрактограмме поликристалла. /Лаб/	5	2	ОПК-1-У2 ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1Л3.1 Э1 Э2			
3.13	Анализ аксиальной текстуры /Лаб/	5	2	ОПК-1-У1 ОПК-1-У2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3 Л2.5Л3.1			
3.14	Изучение работы текстур-дифрактометра. Построение прямой полюсной фигуры и анализ текстуры прокатки. /Лаб/	5	2	ОПК-1-У1 ОПК-1-У2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.3 Л2.5Л3.1			
3.15	Исследование субструктуры деформированного и отожженного металла по уширению рентгеновских линий. Особенности изучения тонкой структуры наноматериалов. /Лаб/	5	4	ОПК-1-У1 ОПК-1-У2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3 Л2.5Л3.1			
3.16	Определение остаточных напряжений методом “sin2Ψ”. /Лаб/	5	2	ОПК-1-У1 ОПК-1-У2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.3 Л2.5Л3.1			
3.17	Выполнение домашнего задания "Качественный фазовый анализ" /Ср/	5	1	ОПК-1-У2 ОПК-2-У1	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1Л3.1 Л3.2 Э1 Э2			Р2
3.18	Подготовка к контрольной работе 2 по теме "Рентгеноструктурный анализ" /Ср/	5	1	ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1Л3.1		КМ2	
	<b>Раздел 4. Основы электронографии и нейтронографии</b>							
4.1	Особенности дифракции электронов и нейтронов на кристалле. /Лек/	5	2	ОПК-1-У1 ОПК-2-31 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.5Л3.1			
4.2	Особенности изучения структурно-фазового состояния поверхностного слоя материалов. Неразрушающий контроль с помощью дифракционных методов /Лек/	5	2	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.5Л3.1			
4.3	Определение положения водорода в структуре гидридов по нейтронограмме. /Лаб/	5	2	ОПК-1-У1 ОПК-2-31	Л1.2Л2.5Л3.1			
	<b>Раздел 5. Просвечивающая электронная микроскопия</b>							
5.1	Принципиальная оптическая схема просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ). Формирование изображения в ПЭМ и основные режимы работы прибора. Разрешающая способность ПЭМ. /Лек/	6	4	ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.4Л3.1			

5.2	Типы контрастов в ПЭМ (контраст на аморфных и кристаллических материалах: амплитудный и фазовый контраст). Прямое изображение кристаллической решетки. /Лек/	6	2	ОПК-1-32 ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.4Л3.1			
5.3	Основы кинематической теории дифракционного контраста. Контраст в изображении совершенного кристалла. Контраст на кристаллах с дефектами. Наблюдение дефектов упаковки и границ зерен. Контраст в изображении гетерогенных структур: деформационный матричный контраст, экстинкционный контраст. Контраст в изображении гетерогенных структур: ориентационный контраст, контраст типа полос смещения, контраст типа муара, абсорбционный контраст. /Лек/	6	8	ОПК-1-32 ОПК-1-У2 ОПК-2-31 ОПК-2-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.4Л3.1			
5.4	Основы динамической теории рассеяния /Лек/	6	2	ОПК-1-У1 ОПК-2-31 ОПК-2-В2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л3.1			
5.5	Приготовление объектов и их просмотр в ПЭМ. /Лаб/	6	4	ОПК-1-У1 ОПК-2-В2 ОПК-2-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л3.1			
5.6	Расчет электронограммы поликристалла. Расчет электронограммы монокристалла. /Лаб/	6	4	ОПК-1-У2 ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л3.1			
5.7	Определение толщины фольги. /Лаб/	6	2	ОПК-1-У2 ОПК-2-31 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л3.1			
5.8	Анализ плотности дислокаций по электронно-микроскопическому изображению. /Лаб/	6	3	ОПК-1-У2 ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.4Л3.1			
5.9	Возможности современных микроскопов. Знакомство с устройством и работой ПЭМ. /Пр/	6	4	ОПК-1-У2 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.4Л3.1			
5.10	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям. Подготовка к защите лабораторных работ по разделу "ПЭМ" /Ср/	6	10	ОПК-1-У1 ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л3.1			
5.11	Подготовка к контрольной работе 1 по теме "ПЭМ" /Ср/	6	4	ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л3.1		КМ3	
5.12	Выполнение домашнего задания "Построение точечной электронограммы" /Ср/	6	1	ОПК-1-У2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л3.1			Р3
	<b>Раздел 6. Растровая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ</b>							
6.1	Принцип растровой (сканирующей) микроскопии. Принципиальная оптическая	6	2	ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-2-31 ОПК-2-В2 ОПК-2-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.2Л3.1			

	схема растрового микроскопа (РЭМ). Получение изображения. /Лек/							
6.2	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	6	ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.2Л3.1			
6.3	Анализ элементного состава материала в микрообъёме с помощью электронно-спектроскопических методов. Рентгеноспектральный микроанализ, качественный и количественный анализ. /Лек/	6	4	ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.2Л3.1			
6.4	Приготовление объектов и их просмотр в РЭМ. /Лаб/	6	4	ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-2-В2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.2Л3.1			
6.5	Знакомство с устройством и работой РЭМ.Знакомство с устройством и работой РЭМ-микроанализатора /Пр/	6	6	ОПК-1-32 ОПК-2-31 ОПК-2-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.2Л3.1			
6.6	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям. Подготовка к защите лабораторных работ по разделу "РЭМ" /Ср/	6	10	ОПК-1-32 ОПК-2-31 ОПК-2-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л3.1			
6.7	Выполнение домашнего задания "Микрорентгеноспектральный анализ" /Ср/	6	4	ОПК-2-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л3.1 Л3.2			Р4
6.8	Подготовка к контрольной работе 2 по теме "РЭМ" /Ср/	6	2	ОПК-1-32 ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л3.1		КМ6	
	<b>Раздел 7. Атомно-силовая микроскопия</b>							
7.1	Основные принципы формирования изображения. Увеличение, разрешение, aberrации. Современное оборудование для атомно-силовой микроскопии. Возможности атомно-силовой микроскопии в исследовании структуры материалов. /Лек/	6	2	ОПК-1-32 ОПК-1-У2 ОПК-2-31 ОПК-2-У1	Л2.2 Л2.4 Э3			
7.2	Знакомство с устройством и работой атомно-силового микроскопа. /Пр/	6	3	ОПК-1-31 ОПК-2-В2	Л1.4 Э3			
	<b>Раздел 8. Основы спектроскопических методов (ЭОС, РФЭС, ВИМС)</b>							
8.1	Основные принципы оже-электронной спектроскопии, рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии и масс-спектрометрия вторичных ионов. Информационные	6	4	ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л3.1			



	возможности спектроскопических методов определения электронного состава. /Лек/							
8.2	Оже- электронная и рентгеновская фотоэлектронная спектроскопии, масс-спектрометрия вторичных ионов. /Пр/	6	4	ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л3.1			
8.3	Подготовка к практическому занятию по разделу. /Ср/	6	4	ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л3.1 ЭЗ			
8.4	Подготовка к контрольной работе 3 "Применение дифракции рентгеновских лучей, тепловых нейтронов и быстрых электронов для решения материаловедческих задач". /Ср/	6	5	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л3.1 ЭЗ			

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 1 Физика рентгеновских лучей"	ОПК-2-31	1.1. Природа и свойства рентгеновских лучей, их получение и регистрация. 1.2. Явления, сопровождающие прохождение рентгеновских лучей через вещество: ослабление, фотоэлектрическое поглощение, рассеяние. 1.3 Использование закономерностей ослабления проникающих излучений в рентгеновской и гамма-дефектоскопии.
КМ2	Контрольная работа 2 "Рентгеноструктурный анализ"	ОПК-2-31;ОПК-2-У1	2.1. Качественный и количественный фазовый анализ: - на чем основан анализ - чувствительность и точность, факторы, определяющие чувствительность - основные методы количественного фазового анализа 2.2 Твердые растворы - основные типы твердых растворов - изменение в структуре материала при образовании твердого раствора - закон Вегарда - изменения на рентгенограмме при образовании твердых растворов - определение концентрации твердого раствора по рентгенограмме - рентгенографическое определение типа твердого раствора 2.3 Рентгеноанализ макронапряжений - что такое макронапряжения - изменения на рентгенограмме при наличии в образце макронапряжений - рентгенографическое определение упругих деформаций в образце - метод « $\sin^2\psi$ » 2.4 Рентгеноанализ текстур - определение и основные виды текстур - примеры записи ориентировок - изменения на рентгенограмме при наличии в образце текстуры - прямая полюсная фигура 2.5 Анализ профиля рентгеновской линии - основные причины физического уширения - экспериментальное определение физического уширения - геометрическое уширение, требование к эталону
КМ3	Контрольная работа "ПЭМ"	ОПК-1-32;ОПК-2-31	- основные характеристики ПЭМ - Образцы для исследования в ПЭМ - основные режимы работы ПЭМ - основные задачи, решаемые просвечивающей электронной микроскопией.

КМ4	Контрольная работа "РЭМ"	ОПК-2-31;ОПК-1-В1;ОПК-1-32	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основные характеристики РЭМ</li> <li>- образцы для исследования в РЭМ</li> <li>- основные режимы работы РЭМ</li> <li>- основные задачи, решаемые растровой электронной микроскопией.</li> </ul>
КМ5	Контрольная работа "Применение дифракции рентгеновских лучей, тепловых нейтронов и быстрых электронов для решения материаловедческих задач".	ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ОПК-2-31;ОПК-2-У1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- сравнительная характеристика рентгеновской и электронной дифракции</li> <li>- изучение дендритной ликвации и химической неоднородности</li> <li>- исследование причин коррозии труб из теплостойкой стали.</li> <li>- комплексное исследование многослойного покрытия.</li> <li>- Изучение композиционного материала.</li> <li>- Определение кристаллической структуры соединения <math>Me(H,N,C)</math></li> <li>- Особенности изучения структурно-фазового состояния поверхностного слоя материалов.</li> <li>- Неразрушающий контроль с помощью дифракционных методов.</li> </ul>
КМ6	Экзамен	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;ОПК-2-31;ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ОПК-2-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>Обратная решетка. Обратное пространство. (Задача: По нулевой плоской сетки обратной решетки кубического кристалла определить индексы узлов, индексы оси зоны)</p> <p>Представление основных методов рентгеноструктурного анализа с помощью понятия ОР.</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.</p> <p>(Задача: определение типа твердого раствора, определение концентрации растворенного компонента)</p> <p>Построение границы растворимости в двухкомпонентной системе.</p> <p>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>Рентгенографическое определение остаточных напряжений. Метод <math>\sin^2\psi</math>.</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>Нейтронография (источник нейтронов, образцы для исследования, решаемые задачи, преимущества и недостатки метода)</p> <p>Электронография (уравнение дифракции в электронографии, строение электронографа, способы съемки, вид электронограммы для поликристалла и монокристалла, основные задачи)</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
P1	домашнее задание "Расчет бета фильтра"	ОПК-2-31;ОПК-2-У1;ОПК-2-В2	Для данного излучения рассчитать толщину бета фильтра заданной кратности
P2	домашнее задание	ОПК-2-31;ОПК-2- У1	По дифрактограмме поликристалла с известным химическим

	"Качественный фазовый анализ"		составов определить фазовый состав
P3	домашнее задание "Построение точечной электронограммы"	ОПК-2-31;ОПК-2- У1	Для монокристалла известной сингонии построить теоретическую электронограмму с заданной осью зоны.
P4	домашнее задание "Микрорентгеноспектральный анализ"	ОПК-2-31;ОПК-2- У1	Определить химический состав образца

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (билеты, тесты и т.п.)

В 5 семестре предусмотрен экзамен, проходящий в письменной форме.

Экзаменационный билет состоит из задач.

Макет экзаменационного билета приведен в приложении.

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

В 5 семестре по курсу предусмотрен экзамен, в 6 семестре - зачет с оценкой.

Зачет с оценкой проставляется на основе оценок текущего контроля.

Обучающийся должен выполнить все практические и самостоятельные работы, указанные в данном разделе.

Шкала оценивания знаний обучающихся:

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» студент не явился на экзамен (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	Портной В. К., Новиков А. И., Головин И. С.	Дефекты кристаллического строения металлов и методы их анализа: учебник	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2015
Л1.2	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
Л1.3	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
Л1.4	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

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Миркин Л. И., Уманский Я. С.	Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов: справочник	Электронная библиотека	Москва: Государственное издательство физико-математической литературы, 1961
Л2.2	Домкин К. И.	Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий: методы и применение: монография	Электронная библиотека	Москва: Лаборатория знаний, 2017
Л2.3	Новиков И. И., Строганов Г. Б., Новиков А. И.	Металловедение, термообработка и рентгенография: Учебник для студ.металлург. и машиностроит. спец. Вузов	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 1994

Л2.4	Брандон Д., Каплан У., Баженов С. Л., Егорова С. В.	Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля: учеб. пособие для студ. напр. 'Прикладные математика и физика': пер. с англ.	Библиотека МИСиС	М.: Техносфера, 2004
Л2.5	Уманский Я. С.	Рентгенография металлов и полупроводников: учеб. пособие для студ. металлург. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1969

#### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	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
Л3.2	Дьяконова Н. П., Иванов А. Н.	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

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

Э1	International Centre for Diffraction Data	<a href="http://www.icdd.com/">http://www.icdd.com/</a>
Э2	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>
Э3	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	Microsoft Office
П.3	LMS Moodle
П.4	MS Teams
П.5	ESET NOD32 Antivirus

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

И.1	International Centre for Diffraction Data	<a href="http://www.icdd.com/">http://www.icdd.com/</a>
И.2	Научная электронная библиотека eLIBRARY	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
И.3	аналитическая база (индексы цитирования) Scopus	<a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
И.4	SpringLink	<a href="https://link.springer.com/">https://link.springer.com/</a>
И.5	Электронная библиотека МИСиС	<a href="http://elibrary.misis.ru/">http://elibrary.misis.ru/</a>
И.6	ЭБС "Лань"	<a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a>
И.7		<a href="https://www.studentlibrary.ru/ru/pages/catalogue.html">https://www.studentlibrary.ru/ru/pages/catalogue.html</a>
И.8		<a href="http://humbio.ru/humbio/physiology/0005e445.htm">http://humbio.ru/humbio/physiology/0005e445.htm</a>
И.9		<a href="https://booksmed.info/">https://booksmed.info/</a>
И.10		<a href="https://openedu.ru/">https://openedu.ru/</a>

### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Б-934	Лекционная аудитория	мультимедийные экраны и проектор, ноутбук, пакет лицензионных программ MS Office, 4 кабины для синхронного перевода, комплект учебной мебели на 130 посадочных мест»
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
Читальный зал электронных изданий	Аудитория для самостоятельной работы	комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Moodle
Читальный зал № 3 (Б)	Аудитория для самостоятельной работы	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 Moodle

#### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

При изучении курса "Методы исследования материалов" большое внимание следует уделить самостоятельной работе с учебниками, справочной литературой и текущими публикациями в ведущих российских и зарубежных журналах по рассматриваемым темам курса. Большую часть вопросов, возникающих в процессе самостоятельной подготовки, рекомендуется выносить для обсуждения на практических занятиях.

Обучение проводится в два семестра и организуется в соответствии с настоящей программой. Самостоятельная работа студентов осуществляется и контролируется с помощью:

- вопросов для самоконтроля,
- контрольных работ,
- домашних заданий.

Контрольные работы проводятся в часы лабораторных занятий.

Контрольные работы оцениваются по пятибалльной системе, домашние задания по двухбалльной.

Перед началом занятий студенты получают на текущий семестр календарный план проведения лабораторных работ, лекционных занятий и контрольных работ, график выдачи и сдачи домашних заданий.

Для успешного освоения изучаемой дисциплины для студентов организуются еженедельные консультации преподавателей.