

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной 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)

# Методы исследования структур и материалов. Часть 1

Закреплена за подразделением

Кафедра материаловедения полупроводников и диэлектриков

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 7

аудиторные занятия

85

самостоятельная работа

95

часов на контроль

36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	85	85	85	85
Контактная работа	85	85	85	85
Сам. работа	95	95	95	95
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	216	216	216	216

Программу составил(и):

*кфмн, доцент, Табачкова Наталия Юрьевна*

Рабочая программа

**Методы исследования структур и материалов. Часть 1**

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 материаловедения полупроводников и диэлектриков**

Протокол от 21.06.2023 г., №12-22/23

Руководитель подразделения Оганов А.Р.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Научить основам современных физических структурных методов исследования атомного строения материалов и основам структурных методов контроля технологии получения материалов и структур электроники.
-----	---

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.15
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Диффузия и диффузионно-контролируемые процессы	
2.1.2	Защита интеллектуальной собственности и патентоведение	
2.1.3	Коррозия и защита металлов	
2.1.4	Материаловедение	
2.1.5	Материаловедение полупроводников и диэлектриков	
2.1.6	Металловедение инновационных материалов	
2.1.7	Методы исследования материалов	
2.1.8	Метрология и стандартизация цифровых технологий в материаловедении и металлургии	
2.1.9	Метрология и технические измерения функциональных материалов	
2.1.10	Метрология, стандартизация и технические измерения	
2.1.11	Метрология, стандартизация и технические измерения в электронике	
2.1.12	Основы материаловедения и методов исследования материалов	
2.1.13	Разработка новых материалов	
2.1.14	Фазовые равновесия и дефекты структуры	
2.1.15	Физика диэлектриков	
2.1.16	Физика металлов	
2.1.17	Физика полупроводников	
2.1.18	Введение в квантовую теорию твердого тела	
2.1.19	Дефекты кристаллической решетки	
2.1.20	Компьютеризация эксперимента	
2.1.21	Материалы альтернативной энергетики	
2.1.22	Материалы наукоемких технологий	
2.1.23	Основы дизайна металлических материалов	
2.1.24	Планирование и организация научно-исследовательской работы	
2.1.25	Планирование научного эксперимента	
2.1.26	Современные проблемы материаловедения	
2.1.27	Теория поверхностных явлений	
2.1.28	Теория симметрии	
2.1.29	Электроника	
2.1.30	Введение в квантовую механику	
2.1.31	Кристаллография	
2.1.32	Математическая статистика и анализ данных	
2.1.33	Методы математической физики	
2.1.34	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.35	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.36	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.37	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.38	Физика	
2.1.39	Физическая химия	
2.1.40	Электротехника	
2.1.41	Математика	
2.1.42	Органическая химия	
2.1.43	Химия	
2.1.44	Аналитическая геометрия	
2.1.45	Инженерная и компьютерная графика	

<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Атомная и электронная структура поверхности и межфазных границ
2.2.2	Композиционные материалы
2.2.3	Конструирование композиционных материалов
2.2.4	Методы исследования структур и материалов. Часть 2
2.2.5	Поверхностное модифицирование материалов и защитные покрытия
2.2.6	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
2.2.7	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
2.2.8	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
2.2.9	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
2.2.10	Специальные сплавы
2.2.11	Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 1. Магнитно-мягкие сплавы
2.2.12	Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 2. Магнитно-твердые сплавы
2.2.13	Аморфные, микро- и нанокристаллические материалы
2.2.14	Биофизика
2.2.15	Высокотемпературные и сверхтвердые функциональные и конструкционные материалы
2.2.16	Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве
2.2.17	Материаловедение и технологии перспективных материалов
2.2.18	Методы исследования характеристик и свойств материалов
2.2.19	Методы электронной микроскопии для материалов твердотельной электроники
2.2.20	Метрология и испытания функциональных материалов
2.2.21	Основы научно-технического перевода
2.2.22	Практика научно-технического перевода и редактирования
2.2.23	Тензорные методы в кристаллофизике
2.2.24	Технология получения кристаллов
2.2.25	Физические основы магнетизма и процессы перемагничивания материалов
2.2.26	Физические свойства приповерхностных слоев и методы их исследований
2.2.27	Функциональные наноматериалы
2.2.28	Химия и технология полимерных материалов
2.2.29	Биоорганическая химия
2.2.30	Высокотемпературные керамические материалы
2.2.31	Жаропрочные и радиационно-стойкие материалы
2.2.32	Квантовая теория твердого тела
2.2.33	Математическое и компьютерное моделирование материалов и процессов электроники
2.2.34	Методы исследования макро- и микроструктуры материалов
2.2.35	Методы непараметрической статистики
2.2.36	Некоторые главы кристаллохимии
2.2.37	Объемные наноматериалы
2.2.38	Процессы получения и обработки сверхтвердых материалов
2.2.39	Структура и технологичность сплавов
2.2.40	Физико-химия эволюции твердого вещества
2.2.41	Ядерно-спектроскопические и синхротронные методы исследований
2.2.42	Аттестация и испытания высокотемпературных и сверхтвердых материалов
2.2.43	Аттестация и сертификация изделий электронной техники
2.2.44	Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве функциональных материалов
2.2.45	Материаловедение и технологии перспективных материалов
2.2.46	Материалы и элементы спинтроники и спинволновой оптики
2.2.47	Менеджмент качества
2.2.48	Металлические материалы для крупных транспортных систем
2.2.49	Металловедение высокопрочных сплавов
2.2.50	Методология и практика определения размерных характеристик материалов
2.2.51	Методология научных исследований

2.2.52	Оптические явления в кристаллах. Часть 2
2.2.53	Основы клеточной биологии
2.2.54	Оформление результатов научной деятельности
2.2.55	Практическое применение теории функционала электронной плотности
2.2.56	Симметрия наносистем
2.2.57	Современные компьютерные технологии в структурном анализе
2.2.58	Спектроскопические и зондовые методы
2.2.59	Термомеханическая обработка металлов и сплавов
2.2.60	Управление коллективами
2.2.61	Управление проектами
2.2.62	Химические основы биологических процессов
2.2.63	Цифровое материаловедение
2.2.64	Нормы и правила оформления ВКР
2.2.65	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.66	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.67	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.68	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.69	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.70	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.71	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.72	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы

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

<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>Знать:</b>	
ПК-1-31	- возможности основных структурных методов исследования строения материалов;
ПК-1-32	- методы структурного исследования в конкретных задачах анализа строения материалов и приборных структур микро- и нанoeлектроники.
<b>ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя знания фундаментальных наук, методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-1-31	- чувствительность и точность указанных методов;
ОПК-1-32	- теоретические основы методов в объеме достаточном для формулирования задач и анализа результатов.
<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	- применять расчеты факторов интенсивности для проведения фазового анализа;
ПК-1-У2	- применять расчеты и индентификацию дифрактограмм для идентификации фаз при фазовом анализе;
<b>ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя знания фундаментальных наук, методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания</b>	
<b>Уметь:</b>	
ОПК-1-У1	- осуществлять ориентировку монокристаллов;
ОПК-1-У3	- осуществлять анализ тонкой структуры зерен;
ОПК-1-У2	- описывать текстуры на основе построения полюсных фигур;
<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-В2 - навыками использования баз данных структурных параметров кристаллов разных веществ;
ПК-1-В1 - навыками расчетов дифрактограмм;
<b>ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя знания фундаментальных наук, методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-1-В1 - навыками использования баз данных структурных параметров кристаллов разных веществ;
ОПК-1-В2 - навыками использования компьютерных программ анализа результатов структурных экспериментов;

#### 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. Физические основы дифракционных методов изучения атомного строения вещества</b>							
1.1	Введение. Роль структурных методов в материаловедении и технологии материалов. Основные понятия теории упругого рассеяния коротковолновых излучений. /Лек/	7	2	ПК-1-31 ПК-1-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2	нет		
1.2	Сложение когерентных волн. Амплитуда рассеяния как преобразование Фурье распределения рассеивающих центров. Обратная решетка. Амплитуда рассеяния кристаллом. /Лек/	7	2	ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2	нет		
1.3	Уравнение Вульфа-Брэгга. Построение Эвальда. Рассеяние кристаллом с базисом. Структурная амплитуда. /Лек/	7	2	ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2	нет		
1.4	Рассеяние кристаллом конечных размеров. Форм-фактор. Построение Эвальда в этом случае. /Лек/	7	2	ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2	нет		
1.5	Интегральная отражающая способность. Рассеяние рентгеновских лучей кристаллом. Закон ослабления. /Лек/	7	2	ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2	нет		
1.6	Сечение рассеяния электрона, атома элементарной ячейки. Фактор Дебая-Валлера. Фактор ослабления. Спектры рентгеновских лучей. /Лек/	7	2	ОПК-1-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2	нет		

1.7	Закономерности погасаний и пространственная группа кристаллов. Определение точечной группы кристаллов. /Лек/	7	2	ОПК-1-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.2	нет		
1.8	Моделирование плоских сечений обратной решетки. /Пр/	7	2	ОПК-1-32 ПК-1-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1	нет		
1.9	Физика рентгеновских лучей. /Пр/	7	2	ОПК-1-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1	нет		
1.10	Уравнение Вульфа-Брэгга. Построение Эвальда. /Пр/	7	2	ОПК-1-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1	нет		
1.11	Структурная амплитуда /Пр/	7	2	ОПК-1-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1	нет		
1.12	Расчет структурной амплитуды для решеток с разным базисом. /Пр/	7	2	ОПК-1-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1	нет		
1.13	Расчет интегральных коэффициентов отражения. /Пр/	7	2	ПК-1-У1 ПК-1-32 ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1	нет		
1.14	Контрольная работа № 1. /Пр/	7	2	ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ОПК-1-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1	нет		
1.15	Аппаратура для рентгеновских исследований 1. /Лаб/	7	1	ПК-1-31 ПК-1-В1 ПК-1-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1	нет		
1.16	Самостоятельное изучение литературы, выполнение домашнего задания №1. /Ср/	7	44	ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ОПК-1-31 ОПК-1-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1	нет		
1.17	Аппаратура для рентгеновских исследований 2 /Лаб/	7	1	ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-32 ПК-1-В2	Л1.2 Л3.1Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1	нет		
	<b>Раздел 2. Основные приложения рентгеноструктурных исследований в материаловедении и технологии</b>							
2.1	Метод Лауэ. Определение ориентировки кристаллов. /Лек/	7	2	ОПК-1-32 ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2	нет		
2.2	Поликристаллы, как объект структурного анализа. Рентгеновская дифрактометрия. /Лек/	7	2	ПК-1-В1 ПК-1-У2 ПК-1-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2	нет		

2.3	Измерение интенсивности рассеянного излучения моно- и поликристаллами. Определение структуры элементарной ячейки. /Лек/	7	2	ПК-1-У1 ОПК-1-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2	нет		
2.4	Качественный и количественный фазовый анализ. /Лек/	7	2	ПК-1-В1 ПК-1-31 ПК-1-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2	нет		
2.5	Прецизионные измерения межплоскостных расстояний и их приложения. Определение состава и типа твердых растворов. /Лек/	7	2	ПК-1-В1 ПК-1-32 ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2	нет		
2.6	Определение пределов растворимости на дифрактограммах фазового равновесия. Измерение коэффициентов теплового расширения. /Лек/	7	2	ПК-1-31 ПК-1-32 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2	нет		
2.7	Измерение упругих напряжений в поли-, монокристаллах и эпитаксиальных структурах. /Лек/	7	2	ПК-1-В1 ПК-1-31 ОПК-1-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2	нет		
2.8	Уточнение ориентировки монокристаллов. Анализ ориентировок в поликристаллах с помощью прямых полюсных фигур. Построение и анализ обратных полюсных фигур. Понятие о функции распределения ориентировок. /Лек/	7	2	ОПК-1-У1 ОПК-1-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2	нет		
2.9	Влияние дефектов на дифракцию в поликристаллах. Классификация дефектов по их влиянию на дифракционную картину. Анализ уширений дифракционных максимумов. Анализ уширений дифракционных максимумов (приближение микродеформаций и ОКР). /Лек/	7	2	ПК-1-В1 ПК-1-У2 ОПК-1-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2	нет		
2.10	Особенности рассеяния нейтронов кристаллами. Нейтронография в материаловедении. /Лек/	7	2	ОПК-1-32 ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2	нет		
2.11	Метод Лауэ. /Пр/	7	2	ОПК-1-У1 ОПК-1-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1	нет		
2.12	Дифрактометрия поликристаллов. /Пр/	7	2	ПК-1-В1 ПК-1-У2 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1	нет		
2.13	Определение структуры элементарной ячейки. /Пр/	7	2	ПК-1-31 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1	нет		



2.14	Прецизионные измерения периодов решетки. /Пр/	7	2	ПК-1-В1 ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1	нет		
2.15	Расчет нестехиометрии по данным значениям периода и плотности. /Пр/	7	2	ПК-1-В1 ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1	нет		
2.16	Индексирование дифрактограмм кристаллов кубической и тетрагональной сингоний. /Пр/	7	2	ПК-1-В1 ПК-1-У1 -У2 ПК-1-У1 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1	нет		
2.17	Расчет относительной интенсивности отражений на дифрактограмме двухфазной смеси. /Пр/	7	2	ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1	нет		
2.18	Моделирование прямых полюсных фигур при известных данных о плоскости, направлении прокатки и рассеянии текстуры. /Пр/	7	2	ОПК-1-У2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1	нет		
2.19	Оценка физической причины уширения дифракционных максимумов. /Пр/	7	2	ОПК-1-У3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1	нет		
2.20	Контрольная работа № 2. /Пр/	7	2	ПК-1-В1 ПК-1-В2 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1	нет		
2.21	Определение ориентировки кристаллов методом Лауэ 1. /Лаб/	7	1	ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1	нет		
2.22	Расчет и индексирование дифрактограмм поликристаллов 1. /Лаб/	7	1	ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1	нет		
2.23	Построение прямых полюсных фигур и их анализ 1. /Лаб/	7	1	ОПК-1-У2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1	нет		
2.24	Построение обратных полюсных фигур и их анализ 1. /Лаб/	7	1	ОПК-1-У2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1	нет		
2.25	Анализ уширения дифракционных максимумов 1. /Лаб/	7	1	ОПК-1-У3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1	нет		
2.26	Уточнение ориентировки кристаллов с помощью дифрактометра 1. /Лаб/	7	1	ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1	нет		
2.27	Определение температурных коэффициентов линейного расширения 1. /Лаб/	7	1	ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1	нет		

2.28	Самостоятельное изучение литературы, выполнение домашнего задания №2. /Ср/	7	51	ПК-1-В1 ПК-1-В2 ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.2 Э1	нет		
2.29	Определение ориентировки кристаллов методом Лауэ 2 /Лаб/	7	1	ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1	нет		
2.30	Определение ориентировки кристаллов методом Лауэ 3 /Лаб/	7	1	ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1	нет		
2.31	Расчет и индцирование дифрактограмм поликристаллов 2. /Лаб/	7	1	ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1	нет		
2.32	Построение прямых полюсных фигур и их анализ 2. /Лаб/	7	1	ОПК-1-У2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1	нет		
2.33	Построение обратных полюсных фигур и их анализ 2 /Лаб/	7	1	ОПК-1-У2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1	нет		
2.34	Анализ уширения дифракционных максимумов 2 /Лаб/	7	1	ОПК-1-У3	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1	нет		
2.35	Уточнение ориентировки кристаллов с помощью дифрактометра 2. /Лаб/	7	1	ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1	нет		
2.36	Определение температурных коэффициентов линейного расширения 2 /Лаб/	7	1	ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1	нет		

### 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		Обратная решетка. Дифракция рентгеновских лучей. Структурная амплитуда. Уравнение Вульфа-Брэгга. Сфера Лауэ.
КМ2	Контрольная работа №2		Определение ориентировки кристаллов методом Лауэ. Расчет и индцирование дифрактограмм поликристаллов. Построение прямых полюсных фигур и их анализ.

КМЗ	Защита лабораторный работ		<p>Примеры вопросов к лабораторным работам:</p> <p>Лабораторная работа №1</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Классификация рентгеновских трубок для структурного анализа и их стандартные обозначения?</li><li>- Из какого материала изготавливают катод и анод трубок для структурного анализа?</li><li>- Из какого материала должен быть сделан анод для получения характеристического излучения с длиной волны 0,154 нм?</li><li>- Каково назначение рентгеновских аппаратов для структурного анализа?</li><li>- Какие особенности имеют камеры для съемки монокристаллов?</li></ul> <p>Лабораторная работа №2</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Какие задачи позволяет решить метод Лауэ?</li><li>- Какой спектр рентгеновского излучения используется в методе Лауэ?</li><li>- Почему дифракционным максимумам на лауэграмме не могут быть приписаны определенные индексы интерференции HKL?</li><li>- Каковы закономерности в расположении пятен, отраженных от плоскостей одной зоны в зависимости от угла между осью зоны и направлением первичного рентгеновского луча?</li></ul> <p>Лабораторная работа №3</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Чем вызвано погасание линий на дифрактограмме?</li><li>- Как различить дифрактограммы снятые от веществ примитивной и объемноцентрированной решетками?</li><li>- Можно ли по расположению линий на дифрактограмме определить от веществ с какой решеткой (ОЦК или ГЦК) снята дифрактограмма?</li><li>- Какие линии дифрактограммы целесообразнее использовать для определения периода решетки?</li></ul>
-----	---------------------------	--	--

КМ4	Экзамен	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уравнения плоской и сферической волн. Амплитуда рассеяния.</li> <li>2. Сложение когерентных волн. Принцип суперпозиции. Амплитуда суммарной волны.</li> <li>3. Амплитуда суммарной волны, рассеянной произвольной совокупностью рассеивающих центров как преобразование Фурье функции распределения этих центров в пространстве.</li> <li>4. Амплитуда рассеяния кристаллом неограниченных размеров. Обратная решетка.</li> <li>5. Уравнение Вульфа-Брэгга.</li> <li>6. Понятие структурной амплитуды и ее физический смысл.</li> <li>7. Построение Эвальда.</li> <li>8. Влияние формы и размеров кристалла на картину рассеяния. Форм-фактор. Построение Эвальда для кристаллов конечных размеров.</li> <li>9. Понятие интегрального коэффициента отражения. Фактор интегральности.</li> <li>10. Спектры рентгеновских лучей (тормозной и характеристический). Источники рентгеновских лучей.</li> <li>11. Взаимодействие рентгеновских лучей с веществом. Закон ослабления.</li> <li>12. Амплитуда рассеяния электрона. Множитель поляризации. Интенсивность рассеяния одним свободным электроном (формула Томпсона)</li> <li>13. Амплитуда атомного рассеяния когерентных рентгеновских волн. Влияние аномальной дисперсии на атомную амплитуду рассеяния. Поправки на аномальную дисперсию.</li> <li>14. Амплитуда упругого когерентного рассеяния кристаллом.</li> <li>15. Амплитуда рассеяния ячейкой. Множитель Дебая–Валлера.</li> <li>16. Формула для интегрального коэффициента отражения. Эффективный рассеивающий объем при дифрактометрическом измерении интенсивности. Интегральная интенсивность отражения системой атомных плоскостей.</li> <li>17. Закономерности погасаний и пространственная группа кристалла. Погасания, вызванные плоскостями скользящего отражения, винтовыми осями и видом трансляционной симметрии - типом ячеек Бравэ.</li> <li>18. Экспериментальные методы структурных исследований. Метод Лауэ: назначение метода; экспериментальная схема получения и регистрации дифракционных картин; построение Эвальда и закономерности расположения пятен на лауэграмме.</li> <li>19. Симметрия лауэграмм и точечная группа симметрии кристаллов. Дифракционная симметрия. Лауэ-классы симметрии.</li> <li>20. Лауэграммы и гномостереографические проекции кристаллов.</li> <li>21. Определение ориентации кристаллов с известной решеткой методом Лауэ.</li> <li>22. Определение ориентации кристаллов с неизвестной решеткой методом Лауэ.</li> <li>23. Дифрактометрия. Оптическая схема. Разные схемы измерений распределения интенсивности рассеянного излучения. (<math>\theta/2\theta</math>, <math>\omega</math>-метод). Ошибки измерений интенсивности и оптимальная схема измерений интенсивности, рассеянной поликристаллом.</li> <li>24. Метод поликристаллов. Обратная решетка поликристалла. Индексирование дифрактограмм поликристаллов кубической сингонии.</li> <li>25. Расчет и индексирование дифрактограмм поликристаллов тетрагональной и гексагональной сингоний. Особенности индексирования дифрактограмм кристаллов тригональной симметрии.</li> <li>26. Индексирование дифрактограмм кристаллов ромбической сингонии.</li> <li>27. Индексирование дифрактограмм поликристаллов низших сингоний методом Ито. Использование приведения Делоне для установления осей приведенной ячейки.</li> <li>28. Основы дифрактометрии монокристаллов. Определение с помощью дифрактометра структурных множителей монокристаллов. Оптимальные условия измерений интенсивности, представляемые с помощью конечных размеров узла обратной решетки.</li> </ol>
-----	---------	--

			<p>29. Определение структуры элементарной ячейки кристаллов. Определение числа структурных единиц в ячейке. Возможность и ограниченность определения пространственной группы кристаллов на основе дифракционных данных о симметрии кристаллов. Построение модели ячейки.</p> <p>30. Использование функций Паттерсона и их сечений для построения модели ячейки.</p> <p>31. Основные приложения рентгеноструктурного анализа в материаловедении и технологии материалов. Качественный фазовый анализ. Использование формальных критериев наличия фазы в объекте по дифрактограмме.</p> <p>32. Количественный фазовый анализ. Метод внутреннего стандарта. Оценка количества аморфной фазы.</p> <p>33. Методы прецизионных измерений межплоскостных расстояний (дифрактометрия и метод Бонда).</p> <p>34. Приложение прецизионных измерений: определение состава твердых растворов.</p> <p>35. Приложение прецизионных измерений: определение типов твердых растворов.</p> <p>36. Приложение прецизионных измерений: определение пределов растворимости, построение кривых ограниченной растворимости на диаграммах фазовых равновесий.</p> <p>37. Измерение коэффициентов теплового расширения.</p> <p>38. Измерение упругих напряжений в поликристаллах.</p> <p>39. Измерение упругих напряжений в монокристаллах.</p> <p>40. Типы текстур. Построение и анализ прямых полюсных фигур с помощью дифрактометра.</p> <p>41. Построение обратных полюсных фигур.</p> <p>42. Анализ уширения дифракционных максимумов. Интегральная полуширина. Влияние малых размеров областей когерентного рассеяния (ОКР) на уширение дифракционных максимумов.</p> <p>43. Влияние микродеформаций на уширение дифракционных максимумов (плотность дислокаций и уширение).</p> <p>44. Выделение физического и инструментального профилей.</p> <p>45. Анализ профиля физического уширения, выделение влияния микродеформаций и малых размеров ОКР методом аппроксимаций.</p> <p>46. Гармонический анализ профиля физического уширения. Анализ уширения максимумов методом моментов.</p> <p>47. Основы нейтронографии. Области применения «ядерной» нейтронографии.</p> <p>48. Основы магнитной нейтронографии.</p>
<b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)</b>			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Лабораторная работа №1		Аппаратура для рентгеновских исследований.
P2	Лабораторная работа №2		Определение ориентировки кристаллов методом Лауэ.
P3	Лабораторная работа №3		Расчет и индцирование дифрактограмм поликристаллов.
P4	Лабораторная работа №4		Построение прямых полюсных фигур и их анализ.
P5	Лабораторная работа №5		Построение обратных полюсных фигур и их анализ.
P6	Лабораторная работа №6		Анализ уширения дифракционных максимумов.
P7	Лабораторная работа №7		Уточнение ориентировки кристаллов с помощью дифрактометра.
P8	Лабораторная работа №8		Определение температурных коэффициентов линейного расширения.

P9	Домашнее задание № 1		10 задач по теме "Физические основы дифракционных методов изучения атомного строения вещества"
P10	Домашнее задание № 2		10 задач по теме "Основные приложения рентгеноструктурных исследований в материаловедении и технологии "

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

Экзаменационные билеты хранятся на кафедре. Экзаменационный билет состоит из трех вопросов: два теоретический вопроса и одна задача. Теоретические вопросы из разных разделов.

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

Уровень освоения дисциплины складывается в результате ответов на экзамене и собеседовании.

"отлично" - если даны ответы на все вопросы в полном объеме;

"хорошо" - если даны ответы на все вопросы, но имеются некоторые неточности либо ответы даны не в полном объеме;

"удовлетворительно" - если даны ответы на все вопросы, но ответы являются неполными;

"неудовлетворительно" - более чем 50% ответов являются неполными либо неправильными.

## 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	Бублик В. Т., Дубровина А. Н.	Методы исследования структуры полупроводников и металлов: учеб. пособие для вузов по спец.-Технология спец. материалов электрон. техники	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1978

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	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
Л2.2	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

#### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	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

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.2	Бублик В. Т., Дубровина А. Н.	Сборник задач и упражнений по курсу 'Методы исследования структуры': Учеб. пособие для вузов по спец. 'Физика и технология материалов и компонентов электрон. техники', 'Микроэлектроника и полупроводниковые приборы'	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 1988

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

Э1	Программное обеспечение для анализа структуры кристаллических материалов.	<a href="http://crystallmaker.com">http://crystallmaker.com</a>
----	---	---

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
-----	------------------

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

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
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.
К-405	Учебная аудитория	микроскоп оптический Метам Р-1 с блоком питания (5 шт.), микроскоп оптический ММУ-3 с блоком питания, микротвердомер ПМТ-3, металлографический микроскоп МИР-12, образцы рентгеновских трубок и рентгеновских камер (3 шт.), набор демонстрационного оборудования в том числе: доска учебная, мультимедийный проектор, ПК, пакет лицензионных программ MS Office, экран проекционный, комплект учебной мебели
К-405	Учебная аудитория	микроскоп оптический Метам Р-1 с блоком питания (5 шт.), микроскоп оптический ММУ-3 с блоком питания, микротвердомер ПМТ-3, металлографический микроскоп МИР-12, образцы рентгеновских трубок и рентгеновских камер (3 шт.), набор демонстрационного оборудования в том числе: доска учебная, мультимедийный проектор, ПК, пакет лицензионных программ MS Office, экран проекционный, 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, 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

При конспектировании лекций в конспект следует заносить всё, что рекомендует преподаватель. Изучение и отработка прослушанных лекций без промедления значительно экономит время и способствует лучшему усвоению материала. Студентам рекомендуется с самого начала освоения данного курса работать с литературой и предлагаемыми заданиями. При этом актуализируются имеющиеся знания, а также создается база для усвоения нового материала, возникают вопросы, ответы на которые студент получает в аудитории. При освоении данного курса студент должен пользоваться библиотекой вуза, а также электронными базами учебной литературы, в соответствии с настоящей программой.