

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной 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)

# Структурные методы исследования наноматериалов

Закреплена за подразделением

Кафедра физического материаловедения

Направление подготовки

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Квалификация

**Инженер-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 9

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

93

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	9 (5.1)		Итого	
	18			
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Практические	51	51	51	51
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	93	93	93	93
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

*к.тн, доцент, Щетинин Игорь Викторович; старший преподаватель, Захарова Елена Александровна*

Рабочая программа

**Структурные методы исследования наноматериалов**

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	Сформировать компетенции, предусмотренные учебным планом, и научить основам современных 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 в наноструктурном состоянии.
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.27
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Материаловедение полупроводников и диэлектриков	
2.1.2	Основы материаловедения и методов исследования материалов	
2.1.3	Фазовые равновесия и дефекты структуры	
2.1.4	Процессы получения металлов, сплавов и соединений	
2.1.5	Технология материалов электроники	
2.1.6	Основы технологии получения материалов	
2.1.7	Кристаллография	
2.1.8	Математическая статистика и анализ данных	
2.1.9	Физическая химия	
2.1.10	Математика	
2.1.11	Материаловедение	
2.1.12	Структура и свойства функциональных наноматериалов	
2.1.13	Атомное строение фаз	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.2	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.3	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.4	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.5	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.6	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.7	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.8	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	

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

<b>ПК-3: Способен участвовать в разработке инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</b>
<b>Знать:</b>
ПК-3-31 современные представления о дифракции рентгеновского и других видов излучения, также закономерности взаимодействия оптического и электронного
<b>Уметь:</b>
ПК-3-У2 устанавливать фазовый состав и тонкую структуру материалов в наноструктурном и микрокристаллическом состоянии;
ПК-3-У1 выбирать и реализовывать методы анализа, для изучения фазового состава, а также структуры наноматериалов;
<b>Владеть:</b>
ПК-3-В1 умением устанавливать возможные причины формирования тех или иных физико-химических состояний и свойств изделий;

**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. Рассеяние рентгеновских лучей идеальным и реальным кристаллом</b>							
1.1	Рассеяние идеальным (бездефектным) кристаллом. Условия Лауэ. Основные характеристики профиля рентгеновской линии. Интенсивность отражений. /Пр/	9	6	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.5Л3.1			
1.2	Рассеяние кристалла с дефектами. Модель субструктуры. Влияние дефектов и дисперсности ОКР на ширину и профиль рентгеновских линий. /Пр/	9	6	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.5Л3.1			
1.3	Теоретический расчет дифрактограмм. Выбор условий съемки. /Ср/	9	4	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.4 Л2.5Л3.1			
1.4	Подготовкм к практическим занятиям по разделу. /Ср/	9	8	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.5Л3.1 Э1 Э2 Э3			
1.5	Подготовка к контрольной работе: Рассеяние рентгеновских лучей /Ср/	9	8	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.4 Л2.5Л3.1		КМ1	
	<b>Раздел 2. Анализ структуры наноматериалов по уширению дифракционных линий</b>							
2.1	Анализ структуры наноматериалов по интегральной ширине рентгеновской линии (метод «классической» аппроксимации) /Пр/	9	6	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.5Л3.1			
2.2	Анализ структуры наноматериалов по профилю двух линий (ГАПРЛ). Анализ субструктуры наноматериалов методом Фойгт-аппроксимации /Пр/	9	6	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л3.1			
2.3	Рентгеноструктурный анализ поверхностного слоя. Толщина эффективно поглощающего слоя. Другие методы анализа уширения дифракционных линий /Пр/	9	6	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л3.1			
2.4	Комплексная работа. Анализ параметров тонкой структуры по ширине дифракционных линий /Ср/	9	6	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л3.1 Э1 Э3			
2.5	Подготовка к практическим занятиям по разделу /Ср/	9	10	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.5Л3.1 Э1 Э3			
2.6	Подготовка к контрольной работе: Анализ структуры по ширине дифракционной линии /Ср/	9	8	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.5Л3.1		КМ2	

	<b>Раздел 3. Рентгеновский фазовый анализ</b>							
3.1	Рентгеновский фазовый анализ (качественный и количественный) с применением ЭВМ. Комплексный анализ фазового состава и параметров тонкой структуры методом Ритвельда. /Пр/	9	9	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.4 Л2.5Л3.1			
3.2	Качественный и количественный фазовый анализ с использованием компьютерных программ. /Ср/	9	4	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.4 Л2.5Л3.1 Э2			
3.3	Подготовка к практическому занятию по разделу /Ср/	9	7	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.4 Л2.5Л3.1 Э1			
3.4	Подготовка к контрольной работе: Рентгеновский фазовый анализ /Ср/	9	8	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.4 Л2.5Л3.1		КМ3	
	<b>Раздел 4. Применение микроскопии для исследования материалов</b>							
4.1	Оптическая микроскопия /Ср/	9	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2Л3.1			
4.2	Просвечивающая электронная микроскопия /Ср/	9	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2Л3.1			
4.3	Растровая электронная микроскопия /Ср/	9	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2 Л2.3Л3.1			
4.4	Комплексная работа. Современные оптическая и электронная микроскопия. Атомно-силовая микроскопия. /Пр/	9	12	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2Л3.1 Э1			
4.5	Подготовка к контрольной работе: Микроскопия /Ср/	9	12	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2Л3.1		КМ4	
4.6	Подготовка к комплексной работе по разделу Применение микроскопии для исследования материалов. /Ср/	9	12	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2 Л2.3Л3.1 Э1 Э3			

### 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	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-У2	Какой кристалл называется идеальным? Рассеяние идеальным кристаллом. Условия Лауэ. Основные характеристики профиля рентгеновской линии. Интенсивность отражений. Рассеяние кристалла с дефектами. Модель субструктуры. Перечислите дефекты решетки. Классификации дефектов Влияние дисперсности ОКР на ширину рентгеновской линии; Влияние дефектов на ширину рентгеновской линии; Влияние дефектов на профиль рентгеновских линий.
КМ2	Контрольная работа 2	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-У2	Перечислите методы анализа уширения дифракционных линий Анализ структуры наноматериалов по интегральной ширине рентгеновской линии (метод «классической» аппроксимации) Анализ структуры наноматериалов по профилю двух линий (ГАПРЛ). Анализ субструктуры наноматериалов методом Фойгт-аппроксимации Рентгеноструктурный анализ поверхностного слоя. Толщина эффективно поглощающего слоя.
КМ3	Контрольная работа 3	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-У2	Рентгеновский фазовый анализ качественный. Рентгеновский фазовый анализ количественный. Метод Ритвельда. Комплексный анализ фазового состава и параметров тонкой структуры.
КМ4	Контрольная работа 4	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-У2	Оптическая микроскопия Растровая электронная микроскопия Просвечивающая электронная микроскопия Атомно-силовая микроскопия

**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	Рассеяние идеальным (бездефектным) кристаллом. Условия Лауэ. Основные характеристики профиля рентгеновской линии. Интенсивность отражений. /Пр/	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-У2	
P2	Рассеяние кристалла с дефектами. Модель субструктуры. Влияние дефектов и дисперсности ОКР на ширину и профиль рентгеновских линий. /Пр/	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-У2	

P3	Анализ структуры наноматериалов по интегральной ширине рентгеновской линии (метод «классической» аппроксимации) /Пр/	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-У2	
P4	Анализ структуры наноматериалов по профилю двух линий (ГАПРЛ). Анализ субструктуры наноматериалов методом Фойгт-аппроксимации /Пр/	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-У2	
P5	Рентгеноструктурный анализ поверхностного слоя. Толщина эффективно поглощающего слоя. Другие методы анализа уширения дифракционных линий /Пр/	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-У2	
P6	Рентгеновский фазовый анализ (качественный и количественный) с применением ЭВМ. Комплексный анализ фазового состава и параметров тонкой структуры методом Ритвельда. /Пр/	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-У2	
P7	Комплексная работа. Современные оптическая и электронная микроскопия. Атомно-силовая микроскопия. /Пр/	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-В1	

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

экзамен по курсу не предусмотрен

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

По дисциплине предусмотрен зачет с оценкой. Зачет ставится при условии выполнения четырех контрольных работ.

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 не явился на контрольные мероприятия в семестре

**6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ****6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	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	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
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

**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	Панова Т. В.	Современные методы исследования вещества: электронная и оптическая микроскопия: учебное пособие	Электронная библиотека	Омск: Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского (ОмГУ), 2016
Л2.3	Домкин К. И.	Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий: методы и применение: монография	Электронная библиотека	Москва: Лаборатория знаний, 2017
Л2.4	Бублик Владимир Тимофеевич, Мильвидский Андрей Михайлович	Методы исследования материалов и структур электроники. Рентгеновская дифракционная микроскопия: курс лекций	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2006
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
--	---------------------	----------	------------	-------------------



	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.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

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

Э1	Научная электронная библиотека eLIBRARY	<a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</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	РЕСУРСЫ ИЗДАТЕЛЬСТВА Springer Nano -ресурс содержит информацию о наноматериалах и наноустройствах	<a href="http://nano.nature.com/">http://nano.nature.com/</a>

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
П.2	LMS Canvas
П.3	MS Teams
П.4	ESET NOD32 Antivirus
П.5	Win Pro 10 32-bit/64-bit

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

И.1	наукометрическая система InCites <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.2	Springer materials <a href="https://materials.springer.com/">https://materials.springer.com/</a>
И.3	International Centre for Diffraction Data <a href="http://www.icdd.com/">http://www.icdd.com/</a>

## 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.
Б-016	Международная школа микроскопии:	просвечивающий электронный микроскоп JEOL JEM-1400 (STEM conf.); сканирующий электронный микроскоп JEOL JSM-IT500LA (+JEOL EDS); атомно-силовой микроскоп AIST-NT SmartSPM-1000 (AFM, MFM, SPM); комплекс пробоподготовки в составе: JEOL IonSlicer-9100IS; Struers Tenupol-5 с криостатом; Struers Lectropol-5 с криостатом. Зал на 11 рабочих мест, оборудованных персональными компьютерами с подключением сети "Интернет" и электронной информационно-образовательной среде университета, пакет лицензионных программ MS Office, комплект учебной мебели, проектор (2 шт), интерактивная доска, экран
Б-011	Центр коллективного пользования "Материаловедение и металлургия":	сканирующий электронный микроскоп JSM 6700 F JEOL, сканирующий электронный микроскоп JSM 6480 LV JEOL, электронный оже-спектрометр PHI-680 Physical electronics
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-400	УНЛ "Центр рентгеноструктурных исследований и диагностики материалов":	дифрактометры: ДРОН-4, Rigaku MiniFlex, Rigaku Ultima IV, Rigaku SmartLab; установка измерения физических свойств Quantum Design PPMS; вакуумные печи; высококоэнергетические мельницы; мессбауэровский спектрометр

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

При изучении курса "Структурные методы исследования наноматериалов" магистрам 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 один семестр и организуется в соответствии с настоящей программой. Самостоятельная работа студентов осуществляется и контролируется с помощью:

- вопросов для самоконтроля,
- четырех письменных контрольных работ.

Контрольные работы проводятся в часы практических занятий.

Для успешного освоения изучаемой дисциплины для студентов организуются консультации преподавателей.