

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 31.08.2023 11:06:13

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)

# Некоторые главы кристаллохимии

Закреплена за подразделением

Кафедра материаловедения полупроводников и диэлектриков

Направление подготовки

22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 2

аудиторные занятия

34

самостоятельная работа

74

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	2 (1.2)		Итого	
	УП	РП	УП	РП
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	34	34	34	34
Контактная работа	34	34	34	34
Сам. работа	74	74	74	74
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

*д.ф.-м.н., зав.каф., А.Р. Оганов*

Рабочая программа

**Некоторые главы кристаллохимии**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ, 22.04.01-ММТМ-23-4.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра материаловедения полупроводников и диэлектриков**

Протокол от г., №

Руководитель подразделения А.Р. Оганов

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	формирование компетенций в соответствии с учебным планом: изучение связей состав-структура и структура-свойства для кристаллических материалов, развитие кристаллохимической интуиции и понимания факторов, определяющих кристаллическую структуру материалов и их физические свойства.
-----	---

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.О
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Материаловедение и технологии перспективных материалов	
2.1.2	Методы электронной микроскопии для материалов твердотельной электроники	
2.1.3	Рост кристаллов	
2.1.4	Технология получения кристаллов	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве	
2.2.2	Материалы и элементы спинтроники и спинволновой оптики	
2.2.3	Оптические явления в кристаллах. Часть 2	
2.2.4	Экономика инновационного производства	
2.2.5	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.6	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	

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

<b>ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов и знаний в междисциплинарных областях</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-1-31 как структура может определять те или иные свойства	
<b>УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий</b>	
<b>Знать:</b>	
УК-1-32 факторы, определяющие структуру и свойства материалов	
УК-1-31 необходимую терминологию и набор правил, нужных для понимания кристаллохимических явлений	
<b>ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов и знаний в междисциплинарных областях</b>	
<b>Уметь:</b>	
ОПК-1-У1 применять понятия и правила кристаллохимии для поиска наилучших решений	
<b>УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий</b>	
<b>Уметь:</b>	
УК-1-У3 кристаллохимической интуицией	
УК-1-У1 читать и понимать кристаллохимическую литературу и критически ее осмысливать	
УК-1-У2 анализировать материаловедческие задачи с позиций кристаллохимии	
<b>ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов и знаний в междисциплинарных областях</b>	
<b>Владеть:</b>	
ОПК-1-В1 навыками решения материаловедческих задач с помощью кристаллохимии	

**УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий**

**Владеть:**

УК-1-В1 необходимыми навыками для воспроизведения и проверки результатов публикаций

#### 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. Особенности кристаллического состояния</b>							
1.1	Введение. Состояния вещества. Порядок (ближний, дальний) и беспорядок. Кристаллическое состояние /Пр/	2	2	УК-1-31 УК-1-32 УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-У3 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
1.2	Симметрия. Элементы симметрии и операции симметрии /Пр/	2	2	УК-1-31 УК-1-32 УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-У3 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
1.3	Группы симметрии. Точечные группы симметрии. Черно-белая и цветная симметрия. Пространственные группы симметрии /Пр/	2	2	УК-1-31 УК-1-32 УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-У3 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
1.4	Связь симметрии с физическими свойствами. Принцип Неймана. Принцип Кюри. Тензорное описание физических свойств /Пр/	2	2	УК-1-31 УК-1-32 УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-У3 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
1.5	Форма кристаллов. Законы Стенона и Гаюи. Миллеровские индексы. Теорема Вульфа. Поверхностная энергия /Пр/	2	2	УК-1-31 УК-1-32 УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-У3 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
1.6	Кристаллографические координатные системы. Элементарная ячейка. Решетки Браве. Винтовые оси и плоскости скользящего отражения. Группы симметрии обоев и слоев. Пространственные группы. Статистика кристаллов по симметриям /Пр/	2	4	УК-1-31 УК-1-32 УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-У3 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			

1.7	Апериодические кристаллы – несоизмерные фазы и квазикристаллы /Пр/	2	2	УК-1-31 УК-1-32 УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-У3 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
1.8	Повторение материала лекций, работа с литературой, подготовка доклада, презентации и эссе /Ср/	2	25	УК-1-31 УК-1-32 УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-У3 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			Р1
	<b>Раздел 2. Основные понятия и правила кристаллохимии</b>							
2.1	Плотнейшие упаковки. Их типы. Типы пустот. Атомные радиусы. Описание сложных структур на основе плотнейших упаковок. Принцип плотнейших упаковок в органической кристаллохимии /Пр/	2	2	УК-1-31 УК-1-32 УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-У3 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
2.2	Электронная структура материалов. Атомы, орбитали, связи, зоны. Типы химической связи. Переход диэлектрик-металл. Радиусы атомов и ионов, поляризуемость и электроотрицательность атомов. Правила Миедемы. Менделеевские числа /Пр/	2	2	УК-1-31 УК-1-32 УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-У3 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
2.3	Правила кристаллохимии. Описание кристаллических структур. Некоторые структурные типы. Полиэдрическое представление структур. Вторичные структурные единицы. Производные структуры и дерева Бернигхаузена. Правила Полинга и Китайгородского. Сокристаллы. Правило 8-N. Правило Цинтля-Клемма. Модель отталкивания электронных пар валентной оболочки /Пр/	2	4	УК-1-31 УК-1-32 УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-У3 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
2.4	Основные категории кристаллохимии – полиморфизм, изоморфизм, морфотропия. Политипизм. Классификации фазовых переходов в кристаллах. Типы твердых растворов. Правила Юм-Розери для твердых растворов. Структурная гомология /Пр/	2	2	УК-1-31 УК-1-32 УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-У3 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			

2.5	Повторение материала лекций, работа с литературой, подготовка доклада, презентации и эссе /Ср/	2	25	УК-1-31 УК-1-32 УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-У3 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			P1
<b>Раздел 3. Кристаллические структуры некоторых веществ</b>								
3.1	Структура кристаллов элементов. Эффекты давления /Пр/	2	2	УК-1-31 УК-1-32 УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-У3 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
3.2	Структура бинарных и более сложных соединений. Степень ионности. Ионные проводники /Пр/	2	2	УК-1-31 УК-1-32 УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-У3 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
3.3	Структура минералов, материалов, интерметаллидов и сплавов. Высокотемпературные сверхпроводники. Квазикристаллы /Пр/	2	4	УК-1-31 УК-1-32 УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-У3 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
3.4	Повторение материала лекций, работа с литературой, подготовка доклада, презентации и эссе /Ср/	2	24	УК-1-31 УК-1-32 УК-1-У1 УК-1-У2 УК-1-У3 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			P1

### 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	Доклад с презентацией	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;УК-1-31;УК-1-32;УК-1-У1;УК-1-У2;УК-1-У3;УК-1-В1	Темы докладов напрямую связаны с актуальными проблемами материаловедения и формулируются индивидуально в соответствии с научно-исследовательской работой студента

#### 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	Эссе	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;УК-1-31;УК-1-32;УК-1-У1;УК-1-У2;УК-1-У3;УК-1-В1	Темы эссе напрямую связаны с актуальными проблемами материаловедения и формулируются индивидуально в соответствии с научно-исследовательской работой студента

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

экзамен не предусмотрен

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

Оценка за зачет формируется как средняя оценка по контрольным мероприятиям и работам, выполняемым 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	Шаскольская М. П.	Кристаллография: учеб. пособие для студ. высш. техн. учеб. заведений	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 1984
Л1.2	Бокий Г. Б.	Кристаллохимия	Библиотека МИСиС	М.: Наука, 1971

**6.1.2. Дополнительная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Сиротин Ю. И., Шаскольская М. П.	Основы кристаллофизики: Учеб. пособие для физ. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Наука, 1979

**6.1.3. Методические разработки**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Розин К. М.	Практическая кристаллография: учеб. пособие для студ. вузов напр. 150700(651800)-Физическое материаловедение и 150100 (651300)-Металлургия	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2005

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

Э1	Кристаллография. Часть 1   Открытые видеолекции учебных курсов МГУ	<a href="https://teach-in.ru/course/crystallography/material">https://teach-in.ru/course/crystallography/material</a>
----	--	---

**6.3 Перечень программного обеспечения**

П.1	MS Teams
П.2	Microsoft Office

**6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных****7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Ауд.	Назначение	Оснащение
К-521	Учебная аудитория	набор демонстрационного оборудования в том числе: мультимедийный проектор, ПК, экран проекционный, коллекция моделей кристаллических многогранников и кристаллических структур, комплект учебной мебели, пакет лицензионных программ MS Office
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.

**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. Дополнительно рекомендуемая литература:

1. В.С. Урусов. Теоретическая кристаллохимия М.: Изд-во МГУ, 1987. 275 с.
2. Д.Ю. Пушаровский. Минералогическая кристаллография. Учебник для геологических специальностей высших учебных заведений. М.: ГЕОС, 2020, 341 с.
3. Уэллс А. Структурная неорганическая химия М.: Мир, 1987. 408 с.
4. M. De Graef, M.E. McHenry. Structure of materials. 2012. Publisher: Cambridge University
5. W.-K. Li, G.-D. Zhou, T.C.W. Mak. Advanced structural inorganic chemistry. 2008
6. A.R. Oganov. Mineralogical crystallography: lecture notes