

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной 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)

Некоторые главы кристаллохимии

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

3 ЗЕТ

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 10

аудиторные занятия

34

самостоятельная работа

74

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	10 (5.2)		Итого	
	Неделя			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
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 - 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 28.06.2021 г., №07/21

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.В.ДВ.34
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Аморфные, микро- и нанокристаллические материалы	
2.1.2	Биофизика	
2.1.3	Высокотемпературные и сверхтвердые функциональные и конструкционные материалы	
2.1.4	Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве	
2.1.5	Материаловедение и технологии перспективных материалов	
2.1.6	Методы исследования характеристик и свойств материалов	
2.1.7	Методы электронной микроскопии для материалов твердотельной электроники	
2.1.8	Метрология и испытания функциональных материалов	
2.1.9	Основы научно-технического перевода	
2.1.10	Практика научно-технического перевода и редактирования	
2.1.11	Тензорные методы в кристаллофизике	
2.1.12	Технология получения кристаллов	
2.1.13	Физические основы магнетизма и процессы перемагничивания материалов	
2.1.14	Физические свойства приповерхностных слоев и методы их исследований	
2.1.15	Функциональные наноматериалы	
2.1.16	Химия и технология полимерных материалов	
2.1.17	Атомная и электронная структура поверхности и межфазных границ	
2.1.18	Композиционные материалы	
2.1.19	Конструирование композиционных материалов	
2.1.20	Методы исследования структур и материалов. Часть 2	
2.1.21	Поверхностное модифицирование материалов и защитные покрытия	
2.1.22	Специальные сплавы	
2.1.23	Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 1. Магнитно-мягкие сплавы	
2.1.24	Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 2. Магнитно-твердые сплавы	
2.1.25	Атомное строение фаз	
2.1.26	Биохимия наноматериалов	
2.1.27	Инженерия поверхности	
2.1.28	Металловедение и термическая обработка металлов	
2.1.29	Методы исследования структур и материалов. Часть 1	
2.1.30	Методы исследования физических свойств полупроводниковых структур	
2.1.31	Наноматериалы	
2.1.32	Сверхтвердые материалы	
2.1.33	Технологии материалов с особыми физическими свойствами	
2.1.34	Фазовые и структурные изменения при формировании материалов и эпитаксиальных структур	
2.1.35	Физика магнитных явлений	
2.1.36	Физика полупроводниковых приборов	
2.1.37	Физика прочности	
2.1.38	Физика прочности и механические свойства материалов	
2.1.39	Физико-химия металлов и неметаллических материалов	
2.1.40	Физические основы деформации и разрушения	
2.1.41	Диффузия и диффузионно-контролируемые процессы	
2.1.42	Материаловедение	
2.1.43	Материаловедение полупроводников и диэлектриков	
2.1.44	Металловедение инновационных материалов	
2.1.45	Методы исследования материалов	

2.1.46	Метрология и стандартизация цифровых технологий в материаловедении и металлургии
2.1.47	Метрология и технические измерения функциональных материалов
2.1.48	Метрология, стандартизация и технические измерения
2.1.49	Метрология, стандартизация и технические измерения в электронике
2.1.50	Основы материаловедения и методов исследования материалов
2.1.51	Разработка новых материалов
2.1.52	Фазовые равновесия и дефекты структуры
2.1.53	Физика диэлектриков
2.1.54	Физика полупроводников
2.1.55	Введение в квантовую теорию твердого тела
2.1.56	Дефекты кристаллической решетки
2.1.57	Компьютеризация эксперимента
2.1.58	Материалы альтернативной энергетики
2.1.59	Материалы наукоемких технологий
2.1.60	Основы дизайна металлических материалов
2.1.61	Планирование и организация научно-исследовательской работы
2.1.62	Планирование научного эксперимента
2.1.63	Современные проблемы материаловедения
2.1.64	Теория поверхностных явлений
2.1.65	Теория симметрии
2.1.66	Электроника
2.1.67	Кристаллография
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Аттестация и испытания высокотемпературных и сверхтвердых материалов
2.2.2	Аттестация и сертификация изделий электронной техники
2.2.3	Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве функциональных материалов
2.2.4	Материаловедение и технологии перспективных материалов
2.2.5	Материалы и элементы спинтроники и спинволновой оптики
2.2.6	Менеджмент качества
2.2.7	Металлические материалы для крупных транспортных систем
2.2.8	Металловедение высокопрочных сплавов
2.2.9	Методология и практика определения размерных характеристик материалов
2.2.10	Методология научных исследований
2.2.11	Оптические явления в кристаллах. Часть 2
2.2.12	Основы клеточной биологии
2.2.13	Оформление результатов научной деятельности
2.2.14	Практическое применение теории функционала электронной плотности
2.2.15	Симметрия наносистем
2.2.16	Современные компьютерные технологии в структурном анализе
2.2.17	Спектроскопические и зондовые методы
2.2.18	Термомеханическая обработка металлов и сплавов
2.2.19	Управление коллективами
2.2.20	Управление проектами
2.2.21	Химические основы биологических процессов
2.2.22	Цифровое материаловедение
2.2.23	Нормы и правила оформления ВКР
2.2.24	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.25	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.26	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.27	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.28	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.29	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы

2.2.30	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.31	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

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

Знать:

ПК-1-31 основную терминологию и правила кристаллохимии

Уметь:

ПК-1-У1 пользоваться кристаллохимическими понятиями для интерпретации структуры и свойств материалов

Владеть:

ПК-1-В1 терминологией и понятийным аппаратом кристаллохимии

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
	Раздел 1. Особенности кристаллического состояния							
1.1	Введение. Состояния вещества. Порядок (ближний, дальний) и беспорядок. Кристаллическое состояние /Лек/	10	1	ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
1.2	Симметрия. Элементы симметрии и операции симметрии /Лек/	10	1	ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
1.3	Группы симметрии. Точечные группы симметрии. Черно-белая и цветная симметрия. Пространственные группы симметрии. Соотношения группа-подгруппа /Лек/	10	1	ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
1.4	Связь симметрии с физическими свойствами. Принцип Неймана. Принцип Кюри. Тензорное описание физических свойств /Лек/	10	1	ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
1.5	Форма кристаллов. Законы Стенона и Гаюи. Миллеровские индексы. Теорема Вульфа. Поверхностная энергия /Лек/	10	1	ПК-1-31	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 /Лек/	10	2	ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
1.7	Апериодические кристаллы – несоразмерные фазы и квазикристаллы /Лек/	10	1	ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
1.8	Введение. Состояния вещества. Порядок (ближний, дальний) и беспорядок. Кристаллическое состояние /Пр/	10	1	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1		КМ1	
1.9	Симметрия. Элементы симметрии и операции симметрии /Пр/	10	1	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1		КМ1	
1.10	Группы симметрии. Точечные группы симметрии. Черно-белая и цветная симметрия. Пространственные группы симметрии /Пр/	10	1	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1		КМ1	
1.11	Связь симметрии с физическими свойствами. Принцип Неймана. Принцип Кюри. Тензорное описание физических свойств /Пр/	10	1	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1		КМ1	
1.12	Форма кристаллов. Законы Стенона и Гаюи. Миллеровские индексы. Теорема Вульфа. Поверхностная энергия /Пр/	10	1	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1		КМ1	
1.13	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/	10	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1		КМ1	
1.14	Апериодические кристаллы – несоразмерные фазы и квазикристаллы /Пр/	10	1	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1		КМ1	
1.15	Повторение материала лекций, работа с литературой, подготовка доклада, презентации и эссе /Ср/	10	24	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
	Раздел 2. Основные понятия и правила кристаллохимии							

2.1	Плотнейшие упаковки. Их типы. Типы пустот. Атомные радиусы. Описание сложных структур на основе плотнейших упаковок. Принцип плотнейших упаковок в органической кристаллохимии /Лек/	10	1	ПК-1-31	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 /Лек/	10	1	ПК-1-31	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 /Лек/	10	2	ПК-1-31	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 /Лек/	10	1	ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
2.5	Плотнейшие упаковки. Их типы. Типы пустот. Атомные радиусы. Описание сложных структур на основе плотнейших упаковок. Принцип плотнейших упаковок в органической кристаллохимии /Пр/	10	1	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1		КМ1	
2.6	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/	10	1	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1		КМ1	

2.7	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/	10	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1		КМ1	
2.8	Основные категории кристаллохимии – полиморфизм, изоморфизм, морфотропия. Политипизм. Классификации фазовых переходов в кристаллах. Типы твердых растворов. Правила Юм-Розери для твердых растворов. Структурная гомология /Пр/	10	1	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1		КМ1	
2.9	Повторение материала лекций, работа с литературой, подготовка доклада, презентации и эссе /Ср/	10	25	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
	Раздел 3. Кристаллические структуры некоторых веществ							
3.1	Структура кристаллов элементов. Эффекты давления /Лек/	10	1	ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
3.2	Структура бинарных и более сложных соединений. Степень ионности. Ионные проводники /Лек/	10	1	ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
3.3	Структура минералов, материалов, интерметаллидов и сплавов. Высокотемпературные сверхпроводники. Квазикристаллы /Лек/	10	2	ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
3.4	Структура кристаллов элементов. Эффекты давления /Пр/	10	1	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1		КМ1	
3.5	Структура бинарных и более сложных соединений. Степень ионности. Ионные проводники /Пр/	10	1	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1		КМ1	
3.6	Структура минералов, материалов, интерметаллидов и сплавов. Высокотемпературные сверхпроводники. Квазикристаллы /Пр/	10	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1		КМ1	

3.7	Повторение материала лекций, работа с литературой, подготовка доклада, презентации и эссе /Ср/	10	25	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 1 Э1			
-----	--	----	----	-------------------------	--------------------------------	--	--	--

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	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-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
Р1	Эссе	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-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	https://teach-in.ru/course/crystallography/material
----	--	---

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
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