

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» Рабочая программа дисциплины (модуля) **Кристаллофизика**

Закреплена за кафедрой
Направление подготовки
Профиль
Квалификация
Форма обучения
Общая трудоемкость
Часов по учебному плану
в том числе:
аудиторные занятия
самостоятельная работа

Базовых дисциплин

22.03.02 Metallurgy

Metallurgy of black metals

бакалавр

заочная

3 ECTS

108

Формы контроля в семестрах:

8

100

экзамен 4

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	4 (2.2)		Итого	
Неделя	19			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	4	4	4	4
Практические	4	4	4	4
Итого ауд.	8	8	8	8
Контактная работа	8	8	8	8
Сам. работа	100	100	100	100
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

к.х.н., Доцент, Мялкин И.В.

Рабочая программа

Кристаллофизика

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 22.03.02 Metallургия (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.02 Metallургия, ЭМ-25 ЗО.plx Metallургия черных металлов, утвержденного Ученым советом ВФ НИТУ "МИСиС"
26.12.2024, протокол № 4-24

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Базовых дисциплин

Протокол от 14.05.2025 г., №9

Зав. кафедрой Кандидат технических наук Т.Н. Уснунц-Кригер _____

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ	
1.1	- ознакомление с основными принципами строения важнейших классов кристаллических веществ
1.2	- ознакомление с основными разделами структурной кристаллографии и кристаллохимии, необходимыми для современного химика или физика
1.3	- изучение строения жидких кристаллов, кластеров, молекулярных комплексов, соединений, включений, координационных полимеров
1.4	- формирование общих представлений о симметрии
2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.В.ДВ.07
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Математика
2.1.2	Физическая химия
2.1.3	Материаловедение
2.1.4	Физика
2.1.5	Химия
2.1.6	Инженерная и компьютерная графика
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Механические свойства материалов
2.2.2	Теория термической и химико-термической обработки
2.2.3	Коррозия и защита металлов
2.2.4	Основы компьютерной металлографии
2.2.5	Основы проектирования технологических процессов производства и обработки материалов
2.2.6	Специальные стали и сплавы
2.2.7	Физические основы процессов деформации и разрушения
2.2.8	Производство специальных сталей
2.2.9	Дефекты кристаллической решетки
2.2.10	Термическая обработка металлопродукции
3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ	
УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач	
УК-1.3: Выбирает оптимальный вариант решения задачи с использованием соответствующих методов	
Знать:	
УК-1.3-31 важнейшие термины современной кристаллофизики;	
УК-1.3-32 основы анализа электронного строения простых молекул;	
УК-1.3-33 основы анализа строения любых типов кристаллов и поиска трансляционных элементов симметрии, а также определения пространственных групп кристаллов	
Уметь:	
УК-1.3-У1 обнаруживать элементы симметрии в любых объектах;	
УК-1.3-У2 определять точечную группу симметрии любого объекта, в том числе кристалла	
Владеть:	
УК-1.3-В1 навыками формулирования выводов о потенциальных свойствах веществ на основе структурных данных и симметрии кристалла;	
УК-1.3-В2 навыками пользования современным кристаллохимическим программным обеспечением и поиска информации в важнейших банках структурных данных	

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ						
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература и эл. ресурсы	Примечание
	Раздел 1. Операции и элементы симметрии					
1.1	Основные понятия симметрии /Лек/	4	0,5	УК-1.3	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	
1.2	Элементы симметрии кристаллов /Пр/	4	0,5	УК-1.3	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	
1.3	Самостоятельное изучение материала /Ср/	4	12	УК-1.3	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	
	Раздел 2. Точечные группы симметрии					
2.1	Обозначение точечных групп симметрии кристаллов /Лек/	4	0,5	УК-1.3	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	
2.2	Правила нахождения элементов симметрии кристаллов и определения точечной группы /Пр/	4	0,5	УК-1.3	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	
2.3	Самостоятельное изучение материала /Ср/	4	12	УК-1.3	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	
	Раздел 3. Пространственные группы симметрии					
3.1	Трансляции и кристаллическая решетка /Лек/	4	0,5	УК-1.3	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	
3.2	Сингонии. Решетки Браве. Открытые элементы симметрии /Пр/	4	0,5	УК-1.3	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	
3.3	Самостоятельное изучение материала /Ср/	4	12	УК-1.3	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	
	Раздел 4. Примеры анализа структуры кристаллов					
4.1	Анализ структуры молекулярного кристалла /Лек/	4	0,5	УК-1.3	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	
4.2	Анализ структуры цепочечного кристалла /Пр/	4	0,5	УК-1.3	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	
4.3	Самостоятельное изучение материала /Ср/	4	14	УК-1.3	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	
	Раздел 5. Важнейшие понятия кристаллохимии					

5.1	Изоморфизм, изоструктурность, изоточечность /Лек/	4	0,5	УК-1.3	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	
5.2	Принцип максимального заполнения пространства /Пр/	4	0,5	УК-1.3	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	
5.3	Самостоятельное изучение материала /Ср/	4	14	УК-1.3	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	
Раздел 6. Строение простых веществ и сплавов						
6.1	Неметаллы. Правило Юм-Розери /Лек/	4	0,5	УК-1.3	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	
6.2	Металлы. Сплавы. Интерметаллиды /Пр/	4	0,5	УК-1.3	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	
6.3	Самостоятельное изучение материала /Ср/	4	14	УК-1.3	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	
Раздел 7. Строение химических соединений						
7.1	Структуры с заполнением октаэдрических пустот. Структуры с заполнением тетраэдрических пустот /Лек/	4	0,5	УК-1.3	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	
7.2	Структуры с одновременным заполнением октаэдрических и тетраэдрических пустот /Пр/	4	0,5	УК-1.3	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	
7.3	Самостоятельное изучение материала /Ср/	4	12	УК-1.3	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	
Раздел 8. Валентные усилия и кристаллохимические формулы						
8.1	Валентные усилия связей. Правило Полинга. Рентгеновская плотность вещества /Лек/	4	0,5	УК-1.3	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	
8.2	Координационные соединения и кристаллохимические формулы. Квазикристаллы и модулированные кристаллы. Алгоритм для определения точечных групп симметрии кристаллов. /Пр/	4	0,5	УК-1.3	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	
8.3	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям /Ср/	4	10	УК-1.3	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену (зачёту с оценкой)

Вопросы для проведения зачета с оценкой:

1. История развития кристаллографических наук. Первые кристаллографические законы. Основные направления современной науки.
2. Кристаллическое вещество. Основные характеристики, отличающие его от аморфных тел.
3. Симметрия, операция симметрии, элемент симметрии.
4. Конгруэнтное и энантиоморфное равенство. Элементы симметрии, связывающие конгруэнтно равные и энантиоморфно

равные фигуры.

5. Элементы симметрии первого рода – поворотные оси симметрии. Их характеристики. Основной закон кристаллографии. Элементы симметрии второго рода – зеркальная плоскость, центр симметрии.
6. Сложные элементы симметрии. Их взаимосвязь и реализация в кристаллическом веществе.
7. Осевая теорема Эйлера. Ее частные случаи. Доказательства.
8. Использование теорем взаимодействия элементов симметрии при выводе и вычерчивании графиков классов симметрии.
9. Использование теорем взаимодействия элементов симметрии при расшифровке символов Шенфлиса.
8. Использование теорем взаимодействия элементов симметрии при построении международных символов классов симметрии.
10. Сферическое, стереографическое и гномостереографическое проецирование кристаллов. Особенности каждого из них. Сферические координаты. Их использование при проецировании кристаллов. Примеры.
11. Использование сетки Вульфа при проецировании кристаллов. Задачи, решаемые с помощью этих сеток. Взаимосвязь стереографических и гномостереографических проекций граней и ребер кристаллов. Понятие «зона». Использование зон при проецировании кристаллов.

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (модулю, практике, НИР) - эссе, рефераты, практические и расчетно-графические работы, курсовые работы, проекты и др.

Формы текущего контроля успеваемости обучающихся по дисциплине:

- По разделу 1 – контрольная работа
- По разделу 2 – написание реферата
- По разделу 3 – устный опрос
- По разделу 4 – контрольная работа
- По разделу 5 – написание реферата
- По разделу 6 – письменное задание
- По разделу 7 – устный опрос
- По разделу 8 – тест
- По разделу 9 – контрольная работа

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

По разделу 1 –

Темы контрольной работы:

1. Симметрия, симметричная фигура, операция симметрии, элемент симметрии.
2. Конгруэнтное и энантиоморфное равенство.
3. Элементы симметрии, связывающие конгруэнтно равные и энантиоморфно равные фигуры.

По разделу 2 –

Темы рефератов:

1. Привести примеры простых форм, встречающихся в кристаллах разной симметрии.
2. Обозначения точечных групп симметрии кристаллов.

По разделу 3 – устный опрос

Вопросы для устного опроса:

1. Пространственная симметрия атомной структуры кристаллов.
2. Основные элементы симметрии пространственных групп.

По разделу 4 – контрольная работа

Темы контрольной работы:

1. Привести примеры анализа структуры кристаллов.
2. Решетка Браве.

По разделу 5 – написание реферата

Темы рефератов:

1. Важнейшие понятия кристаллохимии: Атомно-кристаллическая структура,
2. Правильная система точек. Формульная единица

По разделу 6 – письменное задание

Варианты письменных заданий:

1. Строение простых веществ и сплавов.
2. Аллотропные модификации. Агрегатное состояние.

По разделу 7 – устный опрос

Вопросы для устного опроса:

1. Основные положения теории химического строения А.М. Бутлерова.
2. Строение органических и неорганических соединений.

По разделу 8 – тест

Пример тестовых заданий:

1. Валентные усилия и кристаллохимические формулы. Валентные усилия связей.
2. Правило Полинга. Координационные соединения и кристаллохимические формулы.

По разделу 9 – контрольная работа

Темы контрольной работы:

1. Дополнительная информация о кристаллах.
2. Рентгеновская плотность вещества. Квазикристаллы и модулированные кристаллы.

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

Шкала оценивания зачета с оценкой

"Отлично" - Обучающийся демонстрирует:

- глубокие знания содержания изученной дисциплины во взаимосвязи с другими дисциплинами;
- способность использовать теоретические знания при выполнении практических заданий;
- аргументированные, исчерпывающие ответы на вопросы аттестующего преподавателя;
- умение выполнять и обосновывать решение практических заданий;
- наличие собственной обоснованной позиции по обсуждаемым вопросам;
- свободное использование в ответах на вопросы материалов рекомендованной основной и дополнительной литературы

"Хорошо" - Обучающийся демонстрирует:

- знание основных терминов по содержанию изученной дисциплины;
- знание теоретического материала;
- развернутые ответы на поставленные вопросы;
- умение выполнять практические задания, но допускает незначительные неточности при выполнении;
- владение рекомендованной основной и дополнительной литературой

"Удовлетворительно" - Обучающийся демонстрирует:

- знания теоретического материала по изученной дисциплине;
- неполные ответы на основные вопросы, допуская ошибки в ответе; недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов;

- неточные ответы на дополнительные вопросы;
- умение выполнять практические задания без грубых ошибок;

"Неудовлетворительно" - Обучающийся демонстрирует:

- существенные пробелы в знаниях учебного материала;
- принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствие знаний и понимания основных терминов и определений;
- непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета;
- отсутствие навыка или существенные ошибки при выполнении практических заданий;
- незнание рекомендованной литературы

Методика оценивания:

Оценка «зачтено» – разделы индивидуального задания выполнены полностью, технически грамотно оформлены.

Оценка «не зачтено» – разделы индивидуального задания выполнены не в полном объеме, имеются недочеты в оформлении заданий.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Розин К.М., Петраков В.С.	Кристаллофизика: Учебное пособие	Методические пособия	Москва, 2006
Л1.2	Егоров -Тисменко Ю.К Егоров -Тисменко Ю.К.	Кристаллография и кристаллохимия: учебник	Электронный каталог	Москва КДУ, 2010

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Малышева Т.Я.	Кристаллофизика, Минералогия природных процессов: Курс лекций	Методические пособия	Москва, 2005

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Николаев А.А.	Кристаллофизика минералов: Практикум	Методические пособия	Москва, 2009

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Научная электронная библиотека https://elibrary.ru	https://elibrary.ru
----	--	---

Э2	Электронная библиотека МИСиС http://lib.misis.ru	http://lib.misis.ru
Э3	ЭБС Университетская библиотека онлайн http://biblioclub.ru	http://biblioclub.ru
6.3 Перечень программного обеспечения		
П.1	Microsoft Office	
П.2	Microsoft Teams	
6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных		
И.1	Научная электронная библиотека https://elibrary.ru	
И.2	Электронная библиотека МИСиС http://lib.misis.ru	
И.3	ЭБС Университетская библиотека онлайн http://biblioclub.ru	
И.4	Российская платформа открытого образования http://openedu.ru	
7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ		
Ауд.	Назначение	Оснащение
16	Кристаллофизика	Ноутбук, проектор, экран, интерактивная доска
16/1	Кристаллофизика	комплект тематических презентаций, доступ к
8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ		
Объем знаний, которые необходимо усвоить при изучении учебной дисциплины, определяется федеральным государственным образовательным стандартом (ФГОС), который определяет государственные требования к минимуму содержания знаний и уровню подготовки выпускника по дисциплине. Образовательные результаты освоения дисциплины, соответствующие определенным компетенциям согласно ФГОС, приведены в начале настоящей программы. Содержание тем учебной дисциплины и тем практических занятий приведены в программе. Этим определяются минимальные знания, которые студент должен демонстрировать после изучения дисциплины. Итоговым контролем по дисциплине является зачет. Зачет проводится аудиторно по индивидуально заданным вопросам. Для успешной подготовки к итоговому контролю предлагается выполнить следующие мероприятия: систематически прорабатывать лекционный материал при подготовке к практическим занятиям; выполнить практические работы по всем темам дисциплины (выполнение практических работ предусматривает заполнение отчетов, которые составляются в электронном виде); защитить практические работы по всем темам дисциплины. Защита проводится в виде собеседования		