

решением Учёного совета

ВФ НИТУ МИСиС

от «31» августа 2020г.

протокол № 1-20

## Рабочая программа дисциплины (модуля) Дефекты кристаллической решётки

Закреплена за кафедрой

Направление подготовки

Профиль

Квалификация

Форма обучения

Общая трудоемкость

Часов по учебному плану

в том числе:

аудиторные занятия

самостоятельная работа

часов на контроль

Естественно-научных дисциплин

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Материаловедение и технологии новых материалов

**Бакалавр**

**очная**

**4 ЗЕТ**

144 Формы контроля в семестрах:

экзамен 6 семестр

81

36

27

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	6 (3.2)		Итого	
	уп	рп	уп	рп
Неделя	18			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп
Лекции	36	36	36	36
Лабораторные	9	9	9	9
Практические	36	36	36	36
Итого ауд.	81	81	81	81
Контактная работа	81	81	81	81
Сам. работа	36	36	36	36
Часы на контроль	27	27	27	27
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

*к.х.н., Доцент, Будруев А.В.*

Рабочая программа

**Дефекты кристаллической решётки**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов (уровень бакалавриата) (приказ от 02.12.2015 г. № 602 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, МиТМ-18.plx Материаловедение и технологии новых материалов, утвержденного Ученым советом ВФ НИТУ "МИСиС" 28.02.2018, протокол № 5-18

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**Естественно-научных дисциплин**

Протокол от 23.06.2018 г., №6

Зав. кафедрой к.т.н., доцент Мокрецова Л.О.

### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	обеспечение профессионального образования, способствующего социальной, академической мобильности, востребованности на рынке труда, успешной карьере, сотрудничеству в командах федеральных и региональных структур в области разработки, производства и применения конструкционных материалов
1.2	подготовка бакалавра к решению типовых задач экспериментально-исследовательской и производственно-технологической деятельности, связанной с разработкой конструкционных материалов и способов их производства и обработки, с целью получения необходимого уровня технологических и эксплуатационных свойств

### 2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Цикл (раздел) ОП:	Б1.В
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
2.1.1	Основы компьютерной металлографии
2.1.2	Кристаллофизика
2.1.3	Методы контроля и качества веществ
2.1.4	Механические свойства материалов
2.1.5	Механические свойства материалов. Ч2
2.1.6	Современные методы исследования металлических материалов
2.1.7	Теория термической и химико-термической обработки
2.1.8	Физические свойства материалов
2.1.9	Основы металлургии
2.1.10	Технология конструкционных материалов
2.1.11	Физическая химия
2.1.12	Материаловедение
2.1.13	Физика
2.1.14	Химия
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Коррозия и защита металлов
2.2.2	Моделирование объектов металлургического производства
2.2.3	Теория твердофазных превращений
2.2.4	Основы проектирования технологических процессов производства и обработки материалов
2.2.5	Специальные стали и сплавы
2.2.6	Термическая обработка металлоизделий и труб
2.2.7	Физические основы процессов деформации и разрушения
2.2.8	Химико-термическая обработка материалов
2.2.9	Производство специальных сталей

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

<b>УК-6.1: демонстрировать знание естественнонаучных и других фундаментальных наук в профессиональной деятельности</b>
<b>Знать:</b>
УК-6.1-31 математический аппарат описания кристаллической структуры
УК-6.1-32 физико-химические процессы, определяющие кристаллическое строение материалов
УК-6.1-33 характерные свойства кристаллических материалов
УК-6.1-34 методики оценки структурных параметров поликристаллов
УК-6.1-35 источники информации в области строения кристаллических материалов
УК-6.1-36 принципы размещения и поиска кристаллографической информации в современных базах данных
УК-6.1-37 размерные эффекты, обуславливающие специфику свойств материалов

УК-6.1-38 принципы и подходы к комплексным исследованиям структуры и свойств кристаллических материалов
УК-6.1-39 методы исследования структуры материалов
УК-6.1-310 области применения основных типов конструкционных материалов
УК-6.1-11 взаимосвязь кристаллической структуры и свойств материалов
УК-6.1-12 кристаллическое строение при выборе конструкционных материалов конкретного назначения
УК-6.1-13 роль кристаллической структуры в формировании свойств конструкционных материалов
УК-6.1-14 возможности и недостатки различных методов структурного анализа при оценке возможных сфер применения новых материалов
УК-6.1-15 технические средства для измерения и контроля
УК-6.1-16 правила техники безопасности
<b>Уметь:</b>
УК-6.1-У1 пользоваться справочной литературой по кристаллографии и дефектам кристаллического строения для решения нестандартных задач научного и прикладного характера
УК-6.1-У2 использовать системный подход к исследованию структуры и свойств кристаллических материалов любого типа
УК-6.1-У3 выполнять необходимые расчеты для длительного прогнозирования свойств конструкционных материалов
УК-6.1-У4 выделять решающие факторы, влияющие на функциональные свойства кристаллических материалов
УК-6.1-У5 пользоваться основными соотношениями кристаллографии для анализа структуры материалов
УК-6.1-У6 пользоваться энергетическим критерием при анализе физических процессов формирования и изменения кристаллической структуры
УК-6.1-У7 пользоваться результатами оптической и электронной микроскопии для расчета параметров дефектов кристаллического строения
УК-6.1-У8 использовать опыт расчета кристаллогеометрических характеристик структурных элементов по данным рентгеноструктурного и калориметрического анализа
УК-6.1-У9 пользоваться научно-технической информацией для решения конкретных задач кристаллического строения и свойств конструкционных материалов
УК-6.1-У10 анализировать изменения свойств твердых тел при переходе к микро-и наномасштабу
УК-6.1-У11 использовать опыт совместного анализа результатов рентгеноструктурного и электронооптического исследования кристаллической структуры материалов
УК-6.1-У12 предвидеть последствия использования конструкционных материалов с нарушением кристаллического строения
УК-6.1-У13 оценивать влияние структурного состояния материала на его технологические и эксплуатационные свойства
УК-6.1-У14 применять технические средства для измерения и контроля
УК-6.1-У15 учитывать при выполнении работ правила техники безопасности
<b>Владеть:</b>
УК-6.1-В1 методами оценки влияния структуры материала на его механические и функциональные свойства
УК-6.1-В2 взаимосвязями кристаллического строения и свойств конструкционных материалов
УК-6.1-В3 математическим аппаратом кристаллографии
УК-6.1-В4 методами термодинамического анализа строения материалов
УК-6.1-В5 методами структурного анализа кристаллических материалов
УК-6.1-В6 методами качественной и количественной оценки дефектов конструкционных материалов
УК-6.1-В7 практическими навыками использования современных программных продуктов для решения прикладных кристаллографических задач

УК-6.1-В8 навыками поиска информации по кристаллическому строению материалов с помощью современных поисковых систем
УК-6.1-В9 навыками поиска информации по кристаллическому строению материалов с помощью современных поисковых систем
УК-6.1-В10 системным подходом к анализу результатов структурных исследований на макроскопическом и микроскопическом уровне
УК-6.1-В11 методами выбора наиболее рациональной комбинации методов исследования при решении многоуровневых задач структурного анализа кристаллических материалов
УК-6.1-В12 методами расчета прочностных свойств конструкционных материалов на основе данных структурного анализа
УК-6.1-В13 методами оценки свойств конструкционных материалов в процессе длительного использования

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература и эл. ресурсы	Примечание
	<b>Раздел 1. Геометрическая кристаллография</b>					
1.1	Пространственная решетка. Определение символов направлений и атомных рядов. Определение направления с помощью полярных координат. Метод стереографической проекции. Определение символа направления в кристалле /Лек/	6	2	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
1.2	Определение символов плоскостей. Индексирование направлений в гексагональных и тригональных кристаллах. Индексирование плоскостей в гексагональных и тригональных кристаллах /Лек/	6	2	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
1.3	Элементы симметрии кристаллических многогранников. Классы симметрии, сингонии, категории кристаллов. Координатные системы для описания кристаллов /Лек/	6	2	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
1.4	Определение символов направлений и плоскостей /Пр/	6	4	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
1.5	Индексирование гексагональных и тригональных кристаллов /Лаб/	6	3	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
1.6	Подготовка к практическим и лабораторному занятию /Ср/	6	5	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
	<b>Раздел 2. Структурная кристаллография и кристаллохимия</b>					
2.1	Пространственные группы симметрии кристаллических структур. Правильные системы точек. Базис кристаллической структуры. Определение атомных радиусов. Определение ионных и ковалентных радиусов. Влияние внешних факторов на кристаллическую структуру /Лек/	6	2	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
2.2	Определение атомных радиусов. Определение ионных и ковалентных радиусов. Влияние внешних факторов на кристаллическую структуру. Характеристики плотнейших упаковок. Правила определения плотнейших упаковок. Координационные многогранники Полинга-Белова /Лек/	6	2	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
2.3	Структурный тип меди. Вольфрама. Магния. Алмаза. Белого олова. Тип NiAs. Тип CsCl. Тип CaF2. Тип CuAl2. Эпитаксиальные кристаллические структуры. Двойниковые кристаллические структуры /Лек/	6	2	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
2.4	Элементы симметрии кристаллических структур /Пр/	6	4	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	

2.5	Влияние различных факторов на кристаллическую структуру /Пр/	6	4	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
2.6	Плотнейшие упаковки в кристаллических структурах /Лаб/	6	2		Л1.1 Э1 Э2 Э3	
2.7	Подготовка к практическим и лабораторному занятию /Ср/	6	5	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
<b>Раздел 3. Точечные дефекты</b>						
3.1	Виды точечных дефектов. Термодинамика точечных дефектов. Миграция вакансий. Миграция межузельных атомов. Миграция примесных атомов. Источники и стоки точечных дефектов. Комплексы точечных дефектов. Поведение вакансий при закалке и отжиге. Концентрация вакансий. Энергия образования вакансий. Энергия активации миграции вакансий /Лек/	6	2	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
3.2	Энергетический критерий дислокационных реакций. Дефекты упаковки. Частичные дислокации Шокли. Частичные дислокации Франка. Вершинные дислокации. Стандартный тетраэдр. Движение растянутых дислокаций. Пересечение единичных дислокаций. Движение дислокаций с порогом. Пересечение растянутых дислокаций /Лек/	6	2	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
3.3	Виды точечных дефектов. Термодинамика точечных дефектов. Миграция вакансий. Миграция межузельных атомов. Миграция примесных атомов. Источники и стоки точечных дефектов. Комплексы точечных дефектов /Лек/	6	2	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
3.4	Поведение вакансий при закалке и отжиге. Концентрация вакансий. Энергия образования вакансий. Энергия активации миграции вакансий /Лек/	6	2	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
3.5	Виды, термодинамика, движение точечных дефектов /Пр/	6	4	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
3.6	Методы определения концентрации и энергии точечных дефектов /Лаб/	6	2	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
3.7	Подготовка к практическим и лабораторному занятию /Ср/	6	5	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
<b>Раздел 4. Основные типы дислокаций и их свойства</b>						
4.1	Краевая дислокация. Скольжение и переползание краевой дислокации. Винтовая дислокация. Скольжение винтовой дислокации. Смешанные дислокации и их движение. Призматические дислокации. Вектор Бюргера. Плотность дислокаций. Энергия дислокации. Силы, действующие на дислокацию. Упругое взаимодействие дислокаций. Полные и частичные дислокации. /Лек/	6	2	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
4.2	Атмосферы Коттрелла. Атмосферы Снука. Атмосферы Сузуки. Взаимодействие дислокаций с вакансиями и примесными атомами. Происхождение дислокаций. Размножение дислокаций при пластической деформации /Лек/	6	2	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
4.3	Краевая и винтовая дислокации и их движение /Пр/	6	4	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	

4.4	Упругие свойства дислокаций /Пр/	6	4	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
4.5	Дислокации в типичных металлических структурах /Лаб/	6	2		Л1.1 Э1 Э2 Э3	
4.6	Подготовка к практическим и лабораторному занятию /Ср/	6	5	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
<b>Раздел 5. Дисклинации</b>						
5.1	Дисклинации в непрерывной упругой среде. Дисклинации в кристаллической решетке. Энергия дисклинации. Дислокационная модель клиновой дисклинации /Лек/	6	4	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
5.2	Дислокации Вольтерра и дисклинации /Пр/	6	4	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
5.3	Подготовка к практическим и лабораторному занятию /Ср/	6	5	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
<b>Раздел 6. Границы зерен и субзерен</b>						
6.1	Типы границ зерен. Малоугловые границы наклона и кручения. Дислокационные модели малоугловых границ. Энергия малоугловых границ /Лек/	6	2	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
6.2	Специальные и произвольные границы. Решетка совпадающих узлов. Зернограничные дислокации и зернограничное проскальзывание /Лек/	6	2	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
6.3	Специальные и произвольные границы, решетка совпадающих узлов /Пр/	6	4	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
6.4	Подготовка к практическим и лабораторному занятию /Ср/	6	5	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
<b>Раздел 7. Торможение дислокаций и упрочнение кристаллических материалов</b>						
7.1	Трение решетки и предел текучести. Движение дислокаций с перегибами. Торможение дислокаций атомами примесей и легирующих элементов. Скольжение через лес дислокаций. Пороги на винтовых дислокациях /Лек/	6	2	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
7.2	Сидячие дислокации. Плоское скопление дислокаций. Выгибание дислокаций между дисперсными частицами. Локальное поперечное скольжение. Перерезание дислокациями дисперсных частиц /Лек/	6	2	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
7.3	Взаимодействие дислокаций друг с другом и с границами зерен /Пр/	6	4	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
7.4	Подготовка к практическим и лабораторному занятию /Ср/	6	6	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	
	Контроль		27	УК-6.1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3	

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ (Приложение)

### 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

#### 6.1. Рекомендуемая литература

##### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Малинина Р.И.	Металлография: Дефекты кристаллического строения металлов: Курс лекций	Методические пособия	Москва, 1979
Л1.2	Новиков И.И., Розин К.М.	Кристаллография и дефекты кристаллической решетки:	Электронный каталог	Москва Металлургия, 1990

		учебник		
<b>6.1.2. Дополнительная литература</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Малинина Р.И.	Металлография: Кристаллические решётки металлов и дефекты их строения: Курс лекций	Методические пособия	Москва, 1979
<b>6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»</b>				
Э1	Научная электронная библиотека <a href="https://elibrary.ru">https://elibrary.ru</a>		<a href="https://elibrary.ru">https://elibrary.ru</a>	
Э2	Электронная библиотека МИСиС <a href="http://lib.misis.ru">http://lib.misis.ru</a>		<a href="http://lib.misis.ru">http://lib.misis.ru</a>	
Э3	ЭБС Университетская библиотека онлайн <a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</a>		<a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</a>	
<b>6.3 Перечень программного обеспечения</b>				
П.1	Microsoft Office			
П.2	Microsoft Teams			
П.3	Canvas			
<b>6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных</b>				
И.1	Научная электронная библиотека <a href="https://elibrary.ru">https://elibrary.ru</a>			
И.2	Электронная библиотека МИСиС <a href="http://lib.misis.ru">http://lib.misis.ru</a>			
И.3	ЭБС Университетская библиотека онлайн <a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</a>			
И.4	Российская платформа открытого образования <a href="http://openedu.ru">http://openedu.ru</a>			
<b>7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ</b>				
	Ауд.	Назначение	Оснащение	
16		Дефекты кристаллической решётки	Ноутбук, проектор, экран, интерактивная доска комплект тематических презентаций, доступ к интернету	
16/1		Дефекты кристаллической решётки	Автоматизированный калориметр, Электронный микроскоп, Компьютер, Оборудование для проведения демонстрационных опытов с использованием компьютера, Доска аудиторская с магнитной поверхностью и с приспособлениями для крепления таблиц, Стол демонстрационный химический, Столы двухместные лабораторные ученические в комплекте со стульями разных ростовых размеров), Подставка для технических средств обучения, Шкафы секционные для хранения оборудования, Раковина – мойка (в кабинете и лаборантской), Доска для сушки посуды, Шкаф вытяжной, Стенды экспозиционные	
46		Аудитория для самостоятельной работы обучающихся	Аудитория № 46 помещение для самостоятельной работы обучающихся, имеется подключение к сети "Интернет" и доступ в электронную информационно-образовательную среду: доска классическая, компьютер с доступом к сети "Интернет" (16 шт.), проектор (1 шт.), экран (1 шт.), рабочее место преподавателя, стол (16 шт.), стул (32 шт.) ПО: Windows 7 Professional, Microsoft Office 2007, Компас, антивирусное ПО Dr.Web, MS Teams, Visual Studio	
<b>8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ</b>				
<p>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 лабораторных практикумов и практических занятий приведены в программе. Этим определяются минимальные знания, которые студент должен продемонстрировать после изучения дисциплины. Итоговым контролем по дисциплине является экзамен. Экзамен проводится аудиторно по индивидуальным билетам. Для успешной подготовки к итоговому контролю предлагается выполнить следующие мероприятия: систематически прорабатывать лекционный материал при подготовке к практическим и лабораторным занятиям; выполнить лабораторные работы по всем темам дисциплины (выполнение лабораторных работ предусматривает заполнение отчетов, которые составляются в электронном виде); защитить лабораторные работы по всем темам дисциплины. Защита проводится в виде собеседования</p>				