

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Выксунский филиал федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования "Национальный исследовательский технологический
университет "МИСиС"
ФИО: Кудашов Дмитрий Викторович
Должность: Директор Выксунского филиала НИТУ "МИСиС"
Дата подписания: 15.12.2022 14:48:10
Рабочая программа утверждена
решением Ученого совета
ЗФ НИТУ "МИСиС"
в числу № 2 / акт сса9с00adba42f2def217068

от «28» июня 2021г.
протокол №9-21

Рабочая программа дисциплины (модуля) Дефекты кристаллической решётки

| | |
|-------------------------|---|
| Закреплена за кафедрой | Естественно-научных дисциплин |
| Направление подготовки | 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов |
| Профиль | Материаловедение и технологии новых материалов |
| Квалификация | Бакалавр |
| Форма обучения | очная |
| Общая трудоемкость | 4 ЗЕТ |
| Часов по учебному плану | 144 |
| в том числе: | Формы контроля в семестрах: |
| аудиторные занятия | экзамен 6 |
| самостоятельная работа | 81 |
| часов на контроль | 34 |
| | 27 |

Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>) | 6 (3,2) | | Итого | |
|---|---------|-----|-------|-----|
| | 18 | | | |
| Неделя | 18 | | | |
| Вид занятий | уп | рп | уп | рп |
| Лекции | 36 | 36 | 36 | 36 |
| Лабораторные | 9 | 9 | 9 | 9 |
| Практические | 36 | 36 | 36 | 36 |
| КСР | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Итого ауд. | 81 | 81 | 81 | 81 |
| Контактная работа | 83 | 83 | 83 | 83 |
| Сам. работа | 34 | 34 | 34 | 34 |
| Часы на контроль | 27 | 27 | 27 | 27 |
| Итого | 144 | 144 | 144 | 144 |

Программу составил(и):

к.х.н., Доцент, Бударуев А.В.

Рабочая программа

Дефекты кристаллической решётки

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 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, МиТМ-21.plx Материаловедение и технологии новых материалов, утвержденного Ученым советом ВФ НИТУ "МИСиС" 28.06.2021, протокол № 9-21

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Естественно-научных дисциплин

Протокол от 25.06.2021 г., №11

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 |
|-------------------|------|

2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

| | |
|--------|--|
| 2.1.1 | Основы компьютерной металлографии |
| 2.1.2 | Кристаллофизика |
| 2.1.3 | Механические свойства материалов |
| 2.1.4 | Механические свойства материалов. Ч2 |
| 2.1.5 | Современные методы исследования металлических материалов |
| 2.1.6 | Теория термической и химико-термической обработки |
| 2.1.7 | Физические свойства материалов |
| 2.1.8 | Основы металлургии |
| 2.1.9 | Технология конструкционных материалов |
| 2.1.10 | Физическая химия |
| 2.1.11 | Материаловедение |
| 2.1.12 | Физика |
| 2.1.13 | Химия |
| 2.1.14 | Методы контроля и анализа веществ |

2.2 Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

| | |
|-------|---|
| 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

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-1.3-311 взаимосвязь кристаллической структуры и свойств материалов

УК-1.3-312 кристаллическое строение при выборе конструкционных материалов конкретного назначения

УК-1.3-39 методы исследования структуры материалов

УК-1.3-310 области применения основных типов конструкционных материалов

УК-1.3-315 технические средства для измерения и контроля

УК-1.3-316 правила техники безопасности

| |
|--|
| УК-1.3-313 роль кристаллической структуры в формировании свойств конструкционных материалов |
| УК-1.3-314 возможности и недостатки различных методов структурного анализа при оценке возможных сфер применения новых материалов |
| УК-1.3-33 характерные свойства кристаллических материалов |
| УК-1.3-34 методики оценки структурных параметров поликристаллов |
| УК-1.3-31 атематический аппарат описания кристаллической структуры |
| УК-1.3-32 физико-химические процессы, определяющие кристаллическое строение материалов |
| УК-1.3-37 размерные эффекты, обуславливающие специфику свойств материалов |
| УК-1.3-38 принципы и подходы к комплексным исследованиям структуры и свойств кристаллических материалов |
| УК-1.3-35 источники информации в области строения кристаллических материалов |
| УК-1.3-36 принципы размещения и поиска кристаллографической информации в современных базах данных |
| Уметь: |
| УК-1.3-У11 использовать опыт совместного анализа результатов рентгеноструктурного и электронооптического исследования кристаллической структуры материалов |
| УК-1.3-У10 анализировать изменения свойств твердых тел при переходе к микро-и наномасштабу |
| УК-1.3-У9 пользоваться научно-технической информацией для решения конкретных задач кристаллического строения и свойств конструкционных материалов |
| УК-1.3-У12 предвидеть последствия использования конструкционных материалов с нарушением кристаллического строения |
| УК-1.3-У15 учитывать при выполнении работ правила техники безопасности |
| УК-1.3-У14 применять технические средства для измерения и контроля |
| УК-1.3-У13 оценивать влияние структурного состояния материала на его технологические и эксплуатационные свойства |
| УК-1.3-У8 использовать опыт расчета кристаллогеометрических характеристик структурных элементов по данным рентгеноструктурного и калориметрического анализа |
| УК-1.3-У3 использовать системный подход к исследованию структуры и свойств кристаллических материалов любого типа |
| УК-1.3-У2 использовать системный подход к исследованию структуры и свойств кристаллических материалов любого типа |
| УК-1.3-У1 пользоваться справочной литературой по кристаллографии и дефектам кристаллического строения для решения нестандартных задач научного и прикладного характера |
| УК-1.3-У4 выделять решающие факторы, влияющие на функциональные свойства кристаллических материалов |
| УК-1.3-У7 пользоваться результатами оптической и электронной микроскопии для расчета параметров дефектов кристаллического строения |
| УК-1.3-У6 пользоваться энергетическим критерием при анализе физических процессов формирования и изменения кристаллической структуры |
| УК-1.3-У5 пользоваться основными соотношениями кристаллографии для анализа структуры материалов |
| Владеть: |
| УК-1.3-В10 системным подходом к анализу результатов структурных исследований на макро- и микроскопическом уровне; |
| УК-1.3-В9 влиянием микро-и наномасштаба на свойства твердых тел; |
| УК-1.3-В8 навыками поиска информации по кристаллическому строению материалов с помощью современных поисковых систем; |
| УК-1.3-В13 методами оценки свойств конструкционных материалов в процессе длительного использования |
| УК-1.3-В12 методами расчета прочностных свойств конструкционных материалов на основе данных структурного анализа; |
| УК-1.3-В11 методами выбора наиболее рациональной комбинации методов исследования при решении многоуровневых задач структурного анализа кристаллических материалов; |
| УК-1.3-В7 практическими навыками использования современных программных продуктов для решения прикладных кристаллографических задач; |
| УК-1.3-В3 математическим аппаратом кристаллографии; |

| УК-1.3-В2 взаимосвязями кристаллического строения и свойств конструкционных материалов; | | | | | | |
|--|---|----------------|-------|-------------|------------------------------|------------|
| УК-1.3-В1 методами оценки влияния структуры материала на его механические и функциональные свойства; | | | | | | |
| УК-1.3-В6 методами качественной и количественной оценки дефектов конструкционных материалов | | | | | | |
| УК-1.3-В5 методами структурного анализа кристаллических материалов; | | | | | | |
| УК-1.3-В4 методами термодинамического анализа строения материалов; | | | | | | |
| 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ | | | | | | |
| Код занятия | Наименование разделов и тем /вид занятия/ | Семестр / Курс | Часов | Компетенции | Литература и эл. ресурсы | Примечание |
| Раздел 1. Геометрическая кристаллография | | | | | | |
| 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-1.3 | 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-1.3 | 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-1.3 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 | |
| 1.4 | Определение символов направлений и плоскостей /Пр/ | 6 | 4 | УК-1.3 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 | |
| 1.5 | Индексирование гексагональных и тригональных кристаллов /Лаб/ | 6 | 3 | УК-1.3 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 | |
| 1.6 | Подготовка к практическим и лабораторному занятию /Ср/ | 6 | 5 | УК-1.3 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 | |
| Раздел 2. Структурная кристаллография и кристаллохимия | | | | | | |
| 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-1.3 | 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-1.3 | 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-1.3 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 | |
| 2.4 | Элементы симметрии кристаллических структур /Пр/ | 6 | 4 | УК-1.3 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|--------|------------------------------|--|
| 2.5 | Влияние различных факторов на кристаллическую структуру /Пр/ | 6 | 4 | УК-1.3 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 | |
| 2.6 | Плотнейшие упаковки в кристаллических структурах /Лаб/ | 6 | 2 | УК-1.3 | Л1.1 Э1 Э2 Э3 | |
| 2.7 | Подготовка к практическим и лабораторному занятию /Ср/ | 6 | 5 | УК-1.3 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 | |
| Раздел 3. Точечные дефекты | | | | | | |
| 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-1.3 | 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 порогами. Пересечение растянутых дислокаций /Лек/ | 6 | 2 | УК-1.3 | 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-1.3 | 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-1.3 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 | |
| 3.5 | Виды, термодинамика, движение точечных дефектов /Пр/ | 6 | 4 | УК-1.3 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 | |
| 3.6 | Методы определения концентрации и энергии точечных дефектов /Лаб/ | 6 | 2 | УК-1.3 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 | |
| 3.7 | Подготовка к практическим и лабораторному занятию /Ср/ | 6 | 5 | УК-1.3 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 | |
| Раздел 4. Основные типы дислокаций и их свойства | | | | | | |
| 4.1 | Краевая дислокация. Скольжение и переползание краевой дислокации. Винтовая дислокация. Скольжение винтовой дислокации. Смешанные дислокации и их движение. Призматические дислокации. Вектор Бюргерса. Плотность дислокаций. Энергия дислокации. Силы, действующие на дислокацию. Упругое взаимодействие дислокаций. Полные и частичные дислокации. /Лек/ | 6 | 2 | УК-1.3 | 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-1.3 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 | |

| | | | | | | |
|--|---|---|---|--------|------------------------------|--|
| 4.3 | Краевая и винтовая дислокации и их движение /Пр/ | 6 | 4 | УК-1.3 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 | |
| 4.4 | Упругие свойства дислокаций /Пр/ | 6 | 4 | УК-1.3 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 | |
| 4.5 | Дислокации в типичных металлических структурах /Лаб/ | 6 | 2 | УК-1.3 | Л1.1 Э1 Э2 Э3 | |
| 4.6 | Подготовка к практическим и лабораторному занятию /Ср/ | 6 | 5 | УК-1.3 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 | |
| Раздел 5. Дисклинации | | | | | | |
| 5.1 | Дисклинации в непрерывной упругой среде. Дисклинации в кристаллической решетке. Энергия дисклинации. Дислокационная модель клиновой дисклинации /Лек/ | 6 | 4 | УК-1.3 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 | |
| 5.2 | Дислокации Вольтерра и дисклинации /Пр/ | 6 | 4 | УК-1.3 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 | |
| 5.3 | Подготовка к практическим и лабораторному занятию /Ср/ | 6 | 5 | УК-1.3 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 | |
| Раздел 6. Границы зерен и субзерен | | | | | | |
| 6.1 | Типы границ зерен. Малоугловые границы наклона и кручения. Дислокационные модели малоугловых границ. Энергия малоугловых границ /Лек/ | 6 | 2 | УК-1.3 | 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-1.3 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 | |
| 6.3 | Специальные и произвольные границы, решетка совпадающих узлов /Пр/ | 6 | 4 | УК-1.3 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 | |
| 6.4 | Подготовка к практическим и лабораторному занятию /Ср/ | 6 | 5 | УК-1.3 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 | |
| Раздел 7. Торможение дислокаций и упрочнение кристаллических материалов | | | | | | |
| 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-1.3 | 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-1.3 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 | |
| 7.3 | Взаимодействие дислокаций друг с другом и с границами зерен /Пр/ | 6 | 4 | УК-1.3 | Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 | |
| 7.4 | Подготовка к практическим и лабораторному занятию /Ср/ | 6 | 4 | УК-1.3 | 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. Новиков И.И., Розин К.М. | Кристаллография и дефекты кристаллической решетки: учебник | Электронный каталог | Москва Металлургия, 1990 |
| 6.1.2. Дополнительная литература | | | | |
| | 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 |
| 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 | | | |
| П.3 | Canvas | | | |
| 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 | Дефекты кристаллической решётки | | Ноутбук, проектор, экран, интерактивная доска | |
| 16/1 | Дефекты кристаллической решётки | | комплект тематических презентаций, доступ к | |
| 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ | | | | |
| <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 демонстрировать после изучения дисциплины. Итоговому 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> | | | | |