

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 12.05.2023 17:24:59

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)

# Дефекты кристаллической решетки

Закреплена за подразделением

Кафедра металловедения и физики прочности

Направление подготовки

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 5

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

57

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	5 (3.1)		Итого	
	Неделя			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	57	57	57	57
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

*д.т.н., проф., Беломытцев М.Ю.*

Рабочая программа

**Дефекты кристаллической решетки**

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 02.04.2015 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, 22.03.01-БМТМ-22.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра металловедения и физики прочности**

Протокол от 17.05.2022 г., №8

Руководитель подразделения проф. С.А. Никулин

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Цель – сформировать представления о структуре и свойствах точечных дефектов, дислокаций, дефектов упаковки, субграниц и границ зерен, их влиянию на свойства реальных кристаллов.
-----	---

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.09
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Введение в квантовую механику	
2.1.2	Кристаллография	
2.1.3	Математическая статистика и анализ данных	
2.1.4	Методы математической физики	
2.1.5	Основы дизайна металлических материалов	
2.1.6	Основы квантовой механики	
2.1.7	Практическая кристаллография	
2.1.8	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.9	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.10	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.11	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.12	Физика	
2.1.13	Физическая химия	
2.1.14	Электротехника	
2.1.15	Математика	
2.1.16	Органическая химия	
2.1.17	Информатика	
2.1.18	Химия	
2.1.19	Инженерная и компьютерная графика	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Диффузия и диффузионно-контролируемые процессы	
2.2.2	Защита интеллектуальной собственности и патентоведение	
2.2.3	Коррозия и защита металлов	
2.2.4	Метрология и стандартизация цифровых технологий в материаловедении и металлургии	
2.2.5	Метрология и технические измерения функциональных материалов	
2.2.6	Метрология, стандартизация и технические измерения	
2.2.7	Метрология, стандартизация и технические измерения в электронике	
2.2.8	Научно-исследовательская работа	
2.2.9	Научно-исследовательская работа	
2.2.10	Научно-исследовательская работа	
2.2.11	Научно-исследовательская работа	
2.2.12	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.2.13	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.2.14	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.2.15	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.2.16	Разработка новых материалов	
2.2.17	Технология функциональных материалов	
2.2.18	Физика диэлектриков	
2.2.19	Физика металлов	
2.2.20	Атомное строение фаз	
2.2.21	Биохимия наноматериалов	
2.2.22	Инженерия поверхности	
2.2.23	Квантовая и оптическая электроника	
2.2.24	Методы исследования физических свойств полупроводниковых структур	
2.2.25	Методы получения наночастиц и наноматериалов	

2.2.26	Мехатроника
2.2.27	Наноструктурные термоэлектрики
2.2.28	Основы компьютерной металлографии
2.2.29	Основы магнетизма. Часть 1. Физика магнетизма
2.2.30	Основы физики поверхности
2.2.31	Термодинамика и кинетика аморфизирующихся систем
2.2.32	Физика и техника высоких давлений, фазовые превращения в углероде и нитриде бора
2.2.33	Физика полупроводниковых приборов
2.2.34	Физика прочности
2.2.35	Физико-химия металлов и неметаллических материалов
2.2.36	Атомная и электронная структура поверхности и межфазных границ
2.2.37	Высокотемпературные материалы
2.2.38	Композиционные и керамические материалы
2.2.39	Композиционные материалы
2.2.40	Компьютерное моделирование материалов и процессов
2.2.41	Компьютерное моделирование процессов получения материалов
2.2.42	Математические методы моделирования физических процессов
2.2.43	Металловедение сварки
2.2.44	Методы исследования структур и материалов. Часть 2
2.2.45	Наноматериалы
2.2.46	Объемные наноматериалы
2.2.47	Основы магнетизма. Часть 2. Процессы перемагничивания материалов
2.2.48	Поверхностное модифицирование материалов и защитные покрытия
2.2.49	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.50	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.51	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.52	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.53	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.54	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.55	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.56	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.57	Спектрофотометрические методы оценки качества кристаллов
2.2.58	Специальные сплавы
2.2.59	Структура и свойства функциональных наноматериалов
2.2.60	Технология термической обработки
2.2.61	Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 2. Магнитно-твердые сплавы
2.2.62	Функциональные материалы электроники
2.2.63	Экстремальные технологии получения наноматериалов

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

**ПК-1: Способен осуществлять обработку и анализ научно-технической информации и результатов исследований**

**Знать:**

ПК-1-31 Методы обработки результатов исследований

**ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя знания фундаментальных наук, методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания**

**Знать:**

ОПК-1-31 свойства точечных дефектов, дислокаций, плоских дефектов;

**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**

**Знать:**

УК-1-31 Механизмы взаимодействия дефектов друг с другом

<b>ПК-1: Способен осуществлять обработку и анализ научно-технической информации и результатов исследований</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-1-У1 Использовать типовые методики статистической обработки результатов
<b>ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя знания фундаментальных наук, методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-1-У1 формулировать законы взаимодействия дислокаций через поля напряжений
<b>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</b>
<b>Уметь:</b>
УК-1-У1 анализировать атомные механизмы движения дефектов
<b>ПК-1: Способен осуществлять обработку и анализ научно-технической информации и результатов исследований</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-1-В1 Способами оценки достоверности полученных экспериментальных результатов
<b>ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя знания фундаментальных наук, методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-1-В1 навыками расчётов физических характеристик дефектов
<b>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</b>
<b>Владеть:</b>
УК-1-В1 методами теоретического анализа взаимодействия дефектов

#### 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. Точечные дефекты</b>							
1.1	Точечные дефекты /Лек/	5	10	УК-1-31 ОПК-1-31	Л1.1Л2.1 Л2.3			
1.2	Решение задач на тему Точечные дефекты /Пр/	5	4	УК-1-В1 ОПК-1-У1 ПК-1-У1	Л1.1Л2.3 Э1		КМ1	Р3
1.3	Самостоятельное изучение темы Точечные дефекты /Ср/	5	17	УК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-1-31 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л2.3 Э1			
	<b>Раздел 2. Линейные дефекты</b>							
2.1	Свойства и взаимодействие дислокаций /Лек/	5	14	УК-1-31 ОПК-1-31	Л1.1Л2.2 Л2.3			
2.2	Решение задач на свойства и взаимодействие дислокаций /Пр/	5	9	УК-1-В1 ОПК-1-У1 ПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Э1		КМ2	Р1,Р2
2.3	Самостоятельное изучение темы Линейные дефекты /Ср/	5	23	УК-1-31 УК-1-У1 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.3 Э1			
	<b>Раздел 3. Плоские дефекты</b>							
3.1	Субграницы и границы зерен /Лек/	5	10	УК-1-31 ОПК-1-31	Л1.1Л2.3			
3.2	Решение задач на свойства и взаимодействие плоских дефектов /Пр/	5	4	УК-1-В1 ОПК-1-В1 ПК-1-У1	Л1.1Л2.1 Э1		КМ3	Р4

3.3	Самостоятельное изучение темы Плоские дефекты /Ср/	5	17	УК-1-31 УК-1-У1 ПК-1-31	Л1.1Л2.2 Л2.3 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	Контрольная работа №1 Точечные дефекты	ОПК-1-31;УК-1-31;УК-1-В1;ПК-1-31	<p>1.. Где больше сосредоточена энергия вакансии <input type="checkbox"/> в шаровом слое радиусом <math>3b</math> и толщиной <math>1b</math> или в шаровом слое радиусом <math>30b</math> и толщиной <math>10b</math>?</p> <p>2. Энергия кристалла с вакансиями больше, чем без них. Почему в кристалле имеются равновесные вакансии?</p> <p>3. Что сильнее зависит от температуры <input type="checkbox"/> энергия вакансии или равновесная концентрация вакансий?</p> <p>4. Можно ли методом электросопротивления измерить энергию вакансий в бериллиевой бронзе, холоднодеформированном серебре?</p> <p>5. В каком из двух ГЦК металлов равновесная концентрация вакансий при <math>1000^\circ\text{C}</math> больше <input type="checkbox"/> Cu или Os?</p> <p>6. Возрастут ли коэффициенты диффузии Mo и He в Fe при увеличении концентрации вакансий сверх равновесной?</p> <p>7. Что сильнее зависит от температуры <input type="checkbox"/> коэффициент самодиффузии или равновесная концентрация вакансий? Почему?</p>
КМ2	Контрольная работа №2. Дислокации	УК-1-У1;ОПК-1-31;ОПК-1-У1;УК-1-В1;ПК-1-У1	<p>1. Как направлены вектора Бюргера в противоположных точках подвижного дислокационного кольца?</p> <p>2. Винтовая дислокация с вектором Бюргера движется в плоскости <math>(1;1;1)</math> и пересекает дислокацию леса с <math>\cdot</math>. Будет ли образовываться порог на движущейся дислокации?</p> <p>3. При переползании уменьшается высота полуплоскости, образующей краевую дислокацию. Куда деваются атомы, составляющие эту полуплоскость?</p> <p>4. Сдвиг простой кубической решетки в направлении <math>[0;1;0]</math> произошел в результате движения краевой дислокации с осью <math>[0;0;1]</math>. Какова плоскость сдвига?</p> <p>5. Металл после деформации нагревается с такой скоростью, что концентрация вакансий все время остается равновесной. Изменяется ли при этом скорость переползания дислокаций? Почему?</p> <p>6. Внутри некоторого объема образовались, но не вышли за его границы 5 дислокационных колец. Как изменился сдвиг этого объема относительно остальной части кристалла?</p> <p>7. Скольжение каких дислокаций с порогами (краевых, винтовых, смешанных) приводит к образованию вакансий? Почему?</p>

КМ3	Контрольная работа №3. Плоские дефекты	УК-1-У1;УК-1-31;УК-1-В1;ПК-1-В1;ОПК-1-В1	<p>1.. Дислокация с вектором Бюргерса АВ расщепляется на две частичных в плоскости <math>\square</math>. Нарисуйте схему расщепления, напишите реакцию расщепления.</p> <p>2. По границе двух зерен, лежащей в плоскости (0;0;1) в направлении [0;1;0] движутся зернограничные винтовые дислокации. В каком направлении при этом идет зернограничное проскальзывание?</p> <p>3.У какой примеси – S или Au – выше степень равновесной зернограничной сегрегации в Cu? Почему?</p> <p>4.Две стенки дислокаций противоположных знаков движутся по зерну навстречу друг другу. Меняется ли средняя кривизна зерна?</p> <p>5.. При пластической деформации зерно изогнулось в плоскости ХZ вокруг оси Z. В каких плоскостях будут преимущественно образовываться субграницы наклона при полигонизации этого зерна? Каково направление оси и вектора Бюргерса составляющих эти субграницы дислокаций?</p> <p>6.. Может ли полная зернограничная дислокация с вектором Бюргерса, не совпадающим с вектором Бюргерса полной решеточной дислокации – перейти из границы в зерно, двигаться по границе зерна?</p> <p>7.После длительного отжига доля регулярных границ – увеличивается, уменьшается, остается неизменной? Почему?</p>
-----	---	--	---

**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	Практическая работа. Взаимодействие с точечными дефектами	ОПК-1-31;ПК-1-31;УК-1-У1	Образование сегрегаций, подвижность дислокаций в твердых растворах, зарождение вакансий на перегибах.
Р2	Практическая работа. Геометрические свойства, энергия дислокаций	ОПК-1-В1;УК-1-В1;ПК-1-У1	Анализ систем скольжения в различных решетках, направление дислокационных реакций
Р3	Практическая работа. Свойства точечных дефектов.	УК-1-31;ОПК-1-У1;ПК-1-В1	Энергия, равновесная концентрация, подвижность точечных дефектов
Р4	Практическая работа. Границы зерен и субграницы	УК-1-У1;ОПК-1-31;ПК-1-В1	Модели и свойства субграниц и границ зерен

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

Экзаменационный билет состоит из 6 вопросов или качественных задач. Билеты хранятся на кафедре.

Пример экзаменационного билета

НИТУ «МИСиС»

КАФЕДРА МЕТАЛЛОВЕДЕНИЯ И ФИЗИКИ ПРОЧНОСТИ

курс «Дефекты кристаллической решетки»

1. Можно ли рассчитать температуру плавления в гармоническом приближении теории колебаний решетки?
2. До и во время облучения при комнатной температуре коэффициенты самодиффузии различаются в 100 раз. Как различаются при этом концентрации вакансий?
3. В каком из сплавов необходимо большее напряжение для начала поперечного скольжения - Cu-1%Zn или Cu-31%Zn? Почему?
4. Что больше – энергия зерна с равномерно распределенными в нем дислокациями или энергия полигонизованного зерна при одинаковой общей плотности дислокаций?
5. Плотность дислокаций в зернах по обе стороны от неспециальной границы одинакова, но в одном зерне все дислокации одного знака, а в другом – поровну дислокаций обоих знаков. Существует ли движущая сила для миграции границы зерна? Если – да, то в какую сторону она будет двигать границу?
6. Укажите участки дислокационной петли, которые могут покинуть свою плоскость скольжения после облучения.

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

За решение двух и более из 6 экзаменационных задач или вопросов ставится оценка "удовлетворительно", мене трех - "неудовлетворительно"

За решение четырех и более задач или вопросов - оценка "хорошо".

За решение пяти или шести задач или вопросов - оценка "отлично"

**6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ****6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Штремель М. А.	Т.1: Дефекты решетки	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 1999

**6.1.2. Дополнительная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Аникина В. И., Сапарова А. С.	Основы кристаллографии и дефекты кристаллического строения: практикум	Электронная библиотека	Красноярск: Сибирский федеральный университет (СФУ), 2011
Л2.2	Новиков И. И.	Дефекты кристаллического строения металлов: Учеб. пособие для студентов вузов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1983
Л2.3	Новиков И. И., Розин К. М.	Кристаллография и дефекты кристаллической решетки: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1990

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

Э1	Справочная система <a href="http://chem21.info/info/195540/">http://chem21.info/info/195540/</a> .	<a href="http://chem21.info/info/195540/">http://chem21.info/info/195540/</a> .
----	---	---

**6.3 Перечень программного обеспечения**

П.1	ИВТАН ТЕРМО
П.2	Зернограничная диффузия

**6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных**

И.1	<a href="http://www.ioffe.rssi.ru/journals/ftt/">http://www.ioffe.rssi.ru/journals/ftt/</a>
И.2	Интерактивная система Менделеева <a href="http://www.ptable.com">http://www.ptable.com</a>
И.3	Справочная система <a href="http://chem21.info/info/195540/">http://chem21.info/info/195540/</a> .



7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ		
Ауд.	Назначение	Оснащение
Любой корпус Учебная аудитория	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест
Читальный зал №4 (Б)		комплект учебной мебели на 20 рабочих мест, компьютеры с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 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
<p>Лекционные занятия нацелены на изучение студентами общих вопросов, характеризующих дефекты кристаллического строения твёрдых тел. Практические занятия нацелены на формирование навыков расчётов и оценок параметров взаимодействия различных дефектов кристаллического строения.</p> <p>Дисциплина относится к точным наукам и требует значительного объема самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе.</p> <p>Текущий контроль, контрольные работы и экзамен проводятся с целью выявить полученные в результате изучения дисциплины знания, навыки и умения студентов. Для подготовки к контрольным мероприятиям необходимо использовать базовую информацию, полученную во время лекций и практических занятий, а также информацию, полученную при изучении соответствующих разделов основной и дополнительной литературы</p> <p>Консультации по курсу проводятся с использованием e-mail и лично в назначенные часы консультаций.</p>