

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)

Физика металлов

Закреплена за подразделением

Кафедра физического материаловедения

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 6

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

57

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	6 (3.2)		Итого	
	18			
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Практические	34	34	34	34
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):

к.ф.-.м.н., зав.каф., Савченко Александр Григорьевич; к.т.н., доц., Щетинин Игорь Викторович; ст.преп., Захарова Елена Александровна

Рабочая программа

Физика металлов

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 физического материаловедения

Протокол от 29.06.2023 г., №11-06

Руководитель подразделения Савченко А.Г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Сформировать компетенции в соответствии с учебным планом, а также ознакомить с атомной и электронной структурой металлов, феноменологией и атомными механизмами образования дефектов кристаллической структуры и микроструктуры, а также теорией диффузии и ролью атомной структуры, дефектов решеток и микроструктуры в формировании физических свойств металлических материалов.
-----	--

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.10
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Введение в квантовую теорию твердого тела	
2.1.2	Дефекты кристаллической решетки	
2.1.3	Компьютеризация эксперимента	
2.1.4	Методы вычислительной физики	
2.1.5	Планирование и организация научно-исследовательской работы	
2.1.6	Планирование научного эксперимента	
2.1.7	Теория поверхностных явлений	
2.1.8	Теория симметрии	
2.1.9	Техника физико-химического эксперимента	
2.1.10	Физические свойства кристаллов	
2.1.11	Электроника	
2.1.12	Введение в квантовую механику	
2.1.13	Кристаллография	
2.1.14	Математическая статистика и анализ данных	
2.1.15	Методы математической физики	
2.1.16	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.17	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.18	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.19	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.20	Физика	
2.1.21	Физическая химия	
2.1.22	Электротехника	
2.1.23	Математика	
2.1.24	Органическая химия	
2.1.25	Химия	
2.1.26	Аналитическая геометрия	
2.1.27	Инженерная и компьютерная графика	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Атомное строение фаз	
2.2.2	Компьютерная металлография	
2.2.3	Методы исследования структур и материалов. Часть 1	
2.2.4	Методы физико-химических исследований	
2.2.5	Научно-исследовательская работа	
2.2.6	Научно-исследовательская работа	
2.2.7	Научно-исследовательская работа	
2.2.8	Научно-исследовательская работа	
2.2.9	Основы физики поверхности	
2.2.10	Современные методы получения наночастиц и наноматериалов	
2.2.11	Физико-химия металлов и неметаллических материалов	
2.2.12	Физические основы деформации и разрушения	
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	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
2.2.17	Биофизика
2.2.18	Материаловедение и технологии перспективных материалов
2.2.19	Методы исследования характеристик и свойств материалов
2.2.20	Тензорные методы в кристаллофизике
2.2.21	Физические основы магнетизма и процессы перемагничивания материалов
2.2.22	Бионаномедицина
2.2.23	Математическое и компьютерное моделирование материалов и процессов
2.2.24	Оптические явления в кристаллах. Часть 1
2.2.25	Современные конструкционные материалы
2.2.26	Спектроскопические методы анализа поверхности
2.2.27	Физико-химия получения и обработки материалов
2.2.28	Физические свойства и функциональные явления в наноматериалах
2.2.29	Инновационные конструкционные материалы для медицины
2.2.30	Порошковая металлургия высокотемпературных и сверхтвердых материалов
2.2.31	Практическое применение методов анализа Big data
2.2.32	Применение лазерных систем
2.2.33	Современные материалы медицинского назначения
2.2.34	Физические методы исследования материалов
2.2.35	Цифровая электроника
2.2.36	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.37	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.38	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.39	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.40	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.41	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.42	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.43	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.44	Физико-химия получения и обработки высокотемпературных материалов

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-2: Способен к поиску и выбору сферы применения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ

Знать:

ПК-2-32 механизмы образования дефектов в металлических материалах и их роль в процессах фазово-структурных превращений.

ПК-2-31 основные физические законы и границы их применимости в физике металлов

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

Знать:

ОПК-1-32 терминологию физики металлов;

ОПК-1-31 кристаллическую и электронную структуры твердых тел с разной природой химической связи, динамику кристаллической решетки и дефекты в твердых телах;

ПК-2: Способен к поиску и выбору сферы применения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ

Уметь:

ПК-2-У1 оформлять отчеты и формулировать выводы по результатам исследований и расчетов в области физики металлов;

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

Уметь:

ОПК-1-У1 прогнозировать механические, тепловые и физические свойства металлических материалов исходя из их химического состава и плотности дефектов кристаллического строения.

ОПК-1-У2 решать экспериментальные физические задачи, используя методы физических исследований;
ПК-2: Способен к поиску и выбору сферы применения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ
Владеть:
ПК-2-В1 методиками представления результатов исследований и расчетов в области физики металлов.
ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя знания фундаментальных наук, методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания
Владеть:
ОПК-1-В1 навыками применения теоретических знаний для решения профессиональных задач в области физики металлов;
ОПК-1-В2 математическим аппаратом и экспериментальными методиками для расчета и определения характеристик физических свойств и статистической обработки результатов эксперимента;

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. Основные понятия кристаллохимии							
1.1	Силы связи в кристаллах. Электроотрицательность элементов и химическая связь. Кристаллическая структура металлов. /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ПК-2-31	Л1.2Л2.4 Л2.7Л3.1 Л3.2			
1.2	Кристаллическая структура металлических материалов /Пр/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У2 ПК-2-31	Л1.2Л2.1 Л2.4 Л2.7Л3.1 Л3.2			Р1
1.3	Силы связи. /Пр/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У2 ОПК-1-В2 ПК-2-31	Л1.2Л2.4 Л2.7Л3.1 Л3.2			Р2
1.4	Расчет фактора Шмидта и определение первичных систем скольжения /Пр/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У2 ОПК-1-В2 ПК-2-31	Л1.2Л2.7Л3.1 Л3.2			Р10
1.5	Определение степени дальнего порядка. /Пр/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У2 ОПК-1-В2 ПК-2-31	Л1.2Л2.1 Л2.7Л3.1 Л3.2		КМ1	
1.6	Подготовка к практическим занятиям раздела: Основные понятия кристаллохимии /Ср/	6	6	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У2 ПК-2-31	Л1.2Л2.7Л3.1 Л3.2 Э2			
1.7	Проработка материалов лекции и подготовка к контрольной работе №1 /Ср/	6	6	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ПК-2-31	Л1.2Л2.7Л3.1 Л3.2 Э2		КМ1	
	Раздел 2. Атомное и электронное строение кристаллов металлических элементов.							
2.1	Электронная структура и периодическая система элементов /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ПК-2-31	Л1.2Л2.7Л3.1 Л3.2			
2.2	Электроны во внешнем поле. Поверхность Ферми /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ПК-2-31	Л1.2Л2.7Л3.1 Л3.2			

2.3	Структура кристаллов металлических элементов. Химическая связь в кристаллах элементов переходных групп /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ПК-2-31	Л1.2Л2.7Л3.1 Л3.2			
2.4	Приближения при расчете характеристик твердых тел. /Пр/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-В2 ПК-2-31 ПК-2-В1	Л1.2Л2.6Л3.1 Л3.2			Р3
2.5	Электрические и магнитные свойства металлов. /Пр/	6	2	ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.2Л2.6 Л2.10Л3.1			Р4
2.6	Сверхпроводимость металлов. /Пр/	6	2	ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.2Л2.6Л3.1		КМ2	Р5
2.7	Подготовка к практическим занятиям раздела Атомное и электронное строение кристаллов /Ср/	6	5	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У2 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.2Л2.6Л3.1 Л3.2 Э2			
2.8	Проработка материалов лекции и подготовка к контрольной работе №2 /Ср/	6	6	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ПК-2-31	Л1.2Л2.6Л3.1 Л3.2 Э2		КМ2	
	Раздел 3. Дефекты кристаллического строения							
3.1	Классификация дефектов решетки. Точечные дефекты. /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.9Л3.1 Э1			
3.2	Дислокации /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.9Л3.1			
3.3	Дефекты упаковки. Границы и субграницы. Двойники. /Лек/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.9Л3.1			
3.4	Дефекты кристаллического строения /Пр/	6	4	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.9Л3.1 Э1			Р6
3.5	Определение энергии активации образования вакансий /Пр/	6	4	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.5Л3.1			Р7

3.6	Определение плотности дислокаций /Пр/	6	4	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.2Л3.1			P11
3.7	Определение концентрации дефектов упаковки в деформированных металлах с ГЦК-решеткой /Пр/	6	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.7Л3.1		КМ3	P12
3.8	Подготовка к практическим занятиям раздела Дефекты кристаллического строения /Ср/	6	10	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5Л3.1 Э2			
3.9	Проработка материалов лекции и подготовка к контрольной работе №3 /Ср/	6	6	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ПК-2-31 ПК-2-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.5Л3.1 Э2		КМ3	
	Раздел 4. Диффузия в металлах							
4.1	Теория диффузии. Атомные механизмы диффузии. Факторы, влияющие на коэффициент диффузии /Лек/	6	3	ОПК-1-32 ПК-2-31	Л1.2 Л1.3Л2.3 Л2.8Л3.1			
4.2	Диффузия в металлах. Расчет ширины диффузионной зоны /Пр/	6	2	ОПК-1-32 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.2 Л1.3Л2.3 Л2.4 Л2.8Л3.1		КМ4	P8
4.3	Определение энергии активации диффузии /Пр/	6	4	ОПК-1-32 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.2 Л1.3Л2.3 Л2.4Л3.1			P7
4.4	Подготовка к практическим занятиям раздела Диффузия в металлах /Ср/	6	4	ОПК-1-32 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.2 Л1.3Л2.3 Л2.4Л3.1 Э2			
4.5	Проработка материалов лекции и подготовка к контрольной работе №4 /Ср/	6	6	ОПК-1-32 ПК-2-31	Л1.2 Л1.3Л2.3 Л2.4Л3.1 Э2		КМ4	
4.6	Домашнее задание /Ср/	6	8	ОПК-1-32 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.2Л2.4Л3.1 1 Э2			P14

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 Основные понятия кристаллохимии	ОПК-1-31	Силы связи в кристаллах. Ионная связь. Ковалентная связь. Электроотрицательность элементов и химическая связь. Связь Ван-дер-Ваальса. Металлическая связь. Кристаллическая структура металлов. Аллотропия. Физические свойства определяемые силами сцепления. Кристаллическая решётка. Основные типы кристаллических решеток. Принципы плотной упаковки в определении ионных и металлических кристаллов. Правило Полинга для структур ионных кристаллов.
КМ2	Контрольная работа №2 Атомное и электронное строение металлических элементов	ОПК-1-32;ОПК-1-31	Электронная структура и периодическая система элементов. Электроны в периодическом поле металлического кристалла. Статистика электронов проводимости. Модель газа свободных электронов. Плазмоны. Модель почти свободных электронов. Электроны во внешнем поле. Поверхность Ферми. Определение поверхности Ферми. Зоны Бриллюэна для наиболее распространенных у металлов кристаллических решеток. Искажения поверхности Ферми вблизи границы зоны Бриллюэна. Атомные радиусы и ионизационные потенциалы химических элементов. Связь этих величин с атомным номером элементов. Структура кристаллов металлических элементов. Высокая компактность структур – следствие характера металлической связи. Связь структуры элемента с его положением в периодической системе. Полиморфизм металлов. Химическая связь в кристаллах элементов переходных групп. Свойства переходных металлов. Упругие модули Температура плавления, теплота сублимации, Особенности заполнения зон Бриллюэна для кристаллов переходных металлов. Чередование кристаллических структур в больших периодах периодической системы. Полиморфизм при высоких давлениях.

КМ3	Контрольная работа №3 Дефекты кристаллического строения	ОПК-1-32;ОПК-1-31;ПК-2-31;ПК-2-32	Дефекты решетки. Классификация дефектов решеток. Вакансия, её энергия и энтропия. Равновесная концентрация вакансий. Подвижность вакансий и самодиффузия. Сток неравновесных вакансий. Агломерация вакансий. Вакансии в различных решетках. Взаимодействие вакансий с примесью замещения. Атомы внедрения – их энергия, концентрация, подвижность. Дислокации. контур и вектор Бюргерса, его знак. Закон Кирхгофа для векторов Бюргерса. Краевые и винтовые дислокации. Геометрические свойства дислокации: непрерывность, ветвление, дислокационные реакции, аннигиляция. Поле напряжений дислокации. Ядро дислокации. Энергия дислокации. Системы скольжения в различных кристаллических решетках. Действие внешних сил на дислокацию. Взаимодействие дислокаций. Упругое взаимодействие параллельных и скрещивающихся дислокаций, дислокационный диполь. Поперечное скольжение. Сток вакансий на дислокацию. Дефекты упаковки и их энергия. Дефекты упаковки в различных решетках Границы и субграницы Строение границ зерна. Двойники
КМ4	Контрольная работа №4 Диффузия в металлах	ОПК-1-32;ОПК-1-31;ОПК-1-У2;ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Теория диффузии. Частные решения закона Фика. Методы измерения коэффициента диффузии и анализ его температурной зависимости. Атомные механизмы диффузии. Теоретические оценки энергии активации и значений коэффициентов диффузии. Теория эффектов Френкеля и Киркендала. Факторы, влияющие на коэффициент диффузии. Диффузия, сопровождающаяся фазовыми превращениями.

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	Практическое занятие Кристаллическая структура металлических материалов	ОПК-1-31	Кристаллическая решетка. Набор операций симметрии. Классификация кристаллических структур. Типы решеток. Индексы Миллера. Параметры решеток. Экспериментальное исследование кристаллической структуры твердого тела.
Р2	Практическое занятие Силы связи.	ОПК-1-31;ОПК-1-У2	Ковалентная, ионная, металлическая связь. Силы Ван-дер-Ваальса. Водородная связь. Сопоставление различных видов связи. Силы отталкивания. Разновесные постоянные решетки. Энергия связи.
Р3	Практическое занятие Приближения при расчете характеристик твердых тел.	ОПК-1-32;ОПК-1-У2	Одноэлектронное приближение. Теорема Блоха. Функция Блоха. Изменение состояния электронов при сближении атомов. Энергетические зоны. Приближение почти свободных электронов. Модель Кронига-Пенни. Структура энергетических зон. Металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории. Волновые функции электрона в периодической решетке. Эффективная масса электрона.

P4	Практическое занятие Электрические и магнитные свойства металлов.	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ПК-2-31	Сегнето-, пьезо, ферро- и пироэлектрики. Электреты. Магнитное поле в магнетиках. Магнитные свойства атомов. Парамагнетики. Диамагнетики. Ферро-, ферри- и антиферромагнетики. Циклотронный резонанс. Магнитный резонанс. Ядерный квадрупольный резонанс.
P5	Практическое занятие Сверхпроводимость металлов.	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-У1	Эффект Мейснера. Разрушение сверхпроводимости в магнитном поле. Сверхпроводники первого и второго рода. Теплоемкость сверхпроводников. Изотопический эффект. Основы теории БКШ: образование куперовских пар, энергетическая щель. Эффекты Джозефсона. Адиабатическое размагничивание. Высокотемпературная сверхпроводимость. Применение сверхпроводников.
P6	Практическое занятие Дефекты кристаллического строения	ОПК-1-32;ОПК-1-У2;ПК-2-31;ПК-2-32	Классификация дефектов кристаллического строения. Количественные характеристики дефектов кристаллического строения. Методы определения плотности дефектов. Методы наблюдения дислокаций
P7	Практическое занятие Определение энергии активации образования вакансий	ОПК-1-В2;ОПК-1-У2;ОПК-1-32;ПК-2-31;ПК-2-32	Определение энергии активации образования вакансий Понятие энергия активации. Метод Рунге-Кутта определения энергии активации
P8	Практическое занятие Диффузия в металлах.	ОПК-1-У2;ОПК-1-В2;ПК-2-31;ПК-2-32	Изучение диффузии в металлах. Расчет ширины диффузионной зоны Основной класс диффузионных задач и методы их решения. Влияние структуры и температуры на скорость диффузионных процессов
P9	Практическое занятие Энергия активации диффузии	ОПК-1-У2;ПК-2-31;ПК-2-32;ОПК-1-32	Определение энергии активации диффузии Методы определения энергии активации диффузии, самодиффузии и интердиффузии.
P10	Практическое занятие Расчет фактора Шмидта и определение первичных систем скольжения	ОПК-1-32;ОПК-1-У2;ПК-2-31;ПК-2-32	Расчитать фактор Шмидта и определить первичные системы скольжения.
P11	Практическое занятие Определение плотности дислокаций	ОПК-1-32;ОПК-1-У2;ОПК-1-В2;ПК-2-31;ПК-2-32	Определить плотность дислокации разными методами. Определить погрешность определения. Сравнить полученные результаты
P12	Практическое занятие Дефекты упаковки	ОПК-1-31;ОПК-1-У2;ПК-2-31;ПК-2-32	Определить концентрацию дефектов упаковки в деформированных металлах с ГЦК-решеткой
P13	Практическое занятие Энергии активации диффузии	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-В2;ОПК-1-У2	Определить энергию активации диффузии
P14	Реферат	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2	Примеры тем реферата: - Свойства, строение общая характеристика и методы исследования металлов. - Механические свойства и пластическая деформация. Виды прочности. Влияние различных факторов на прочность и пластичность металлов и пути их увеличения. - Наклеп и рекристаллизация. - Методы наблюдения дислокаций

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

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию обучающихся.

По дисциплине промежуточная аттестация предусмотрена в форме зачета.

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

Обучающийся должен выполнить все практические и самостоятельные работы указанные в данном разделе.
оценка "зачет" студент выполнит и защитил все практические работы, выполнил все контрольные мероприятия не ниже оценки "удовлетворительно";
оценка "незачет" студент не справился с выполнением календарного плана, выполнил и/или защитил не все практические работы, контрольные мероприятия выполнены на оценку "неудовлетворительно";
оценка "неявка" студент не явился на контрольные мероприятия 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	Портной В. К., Новиков А. И., Головин И. С.	Дефекты кристаллического строения металлов и методы их анализа: учебник	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2015
Л1.2	Уманский Я. С., Скаков Ю. А.	Физика металлов. Атомное строение металлов и сплавов: учебник для студ. вузов спец. -Физика металлов	Библиотека МИСиС	М.: Атомиздат, 1978
Л1.3	Барсуков Александр Дмитриевич, Кузнецов Георгий Миронович	Физическое металловедение: Разд.: Диффузия и физические свойства металлов и сплавов: Курс лекций	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 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.: Металлургия, 1983
Л2.3	Бокштейн Б. С.	Диффузия в металлах: учеб. пособие для студ. вузов по спец. - Физика металлов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1978
Л2.4	Бокштейн С. З.	Диффузия и структура металлов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1973
Л2.5	Андреев Лев Алексеевич, Новиков А. В., Новикова Елена Александровна, Бокштейн Борис Самуилович	Физика и химия твердого тела. Точечные дефекты в ионных кристаллах: Метод. указания для студ. спец. 070800	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2003
Л2.6	Андреев Лев Алексеевич, Новиков А. В., Новикова Елена Александровна, Бокштейн Борис Самуилович	Физика и химия твердого тела. Металлы и полупроводники: практикум	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2005

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.7	Дьяконова Н. П., Расторгуев Л. Н., Скаков Юрий Александрович, Скаков Юрий Александрович	Кристаллография, рентгенография, электронная микроскопия и физика металлов: Разд.: Кристаллохимия, атомно- кристаллическая структура фаз металлических систем: Учеб. пособие для практ. занятий для студ. спец. 11.04, 11.05, 11.07	Электронная библиотека	М.: Учеба, 1988
Л2.8	Островский Анатолий Сергеевич, Бокштейн Борис Самуилович	Физическая химия.Разд.: Диффузия в металлах: Метод.указания для самостоят. работы студ. спец. 0708, 0709 и 510400	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2001
Л2.9	Малинина Р. И., Авраамов Ю. С.	Металлография: Разд.: Дефекты кристаллического строения металлов: Курс лекций	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 1979
Л2.10	Перминов Александр Сергеевич, Введенский Вадим Юрьевич, Шуваева Евгения Александровна, Могильников Павел Сергеевич	Физические свойства твердых тел (N 3509): лаб. практикум	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 2019

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Скаков Юрий Александрович, Чириков Николай Васильевич, Ягодкин Юрий Дмитриевич, Свиридова Татьяна Александровна	Физика конденсированного состояния: Справочные материалы для студ. спец. 0708, 0709, 510.403, 510411	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2000
Л3.2	Скаков Юрий Александрович	Физика конденсированных сред: Разд.: Атомное строение металлов и сплавов: Учеб. пособие для практ. занятий студ. спец. 07090.00 и направл. 5104.03 и 5104.11	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2001

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Андреев Л.А. Физика и химия твердого тела. Точечные дефекты в ионных кристаллах	http://www.iprbookshop.ru/56747.html ,
Э2	Научная электронная библиотека eLIBRARY	https://elibrary.ru/

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
П.2	LMS Canvas
П.3	MS Teams
П.4	Microsoft Excel
П.5	Zoom
П.6	Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr
П.7	ESET NOD32 Antivirus

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	International Union of CRYSTALLOGRAPHY: http://www.iucr.org/resources/data
И.2	Полнотекстовые российские научные журналы и статьи:

И.3	— Научная электронная библиотека eLIBRARY https://elibrary.ru/
И.4	— Полнотекстовые деловые публикации информагентств и прессы по 53 отраслям https://polpred.com/news
И.5	Иностраннне базы данных (доступ с IP адресов МИСиС):
И.6	— аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science https://apps.webofknowledge.com
И.7	— аналитическая база (индексы цитирования) Scopus https://www.scopus.com/
И.8	— наукометрическая система InCites https://apps.webofknowledge.com
И.9	— научные журналы издательства Elsevier https://www.sciencedirect.com/

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Б-413	Учебная аудитория	проектор; мультимедийная доска; маркерная доска, документ-камера; компьютер преподавателя; компьютерный класс на 14 компьютеров, пакет лицензионных программ MS Office, комплект учебной мебели
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
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

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Текущий контроль проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов. Объектом текущего контроля являются конкретизированные результаты обучения (учебные достижения) по дисциплине.

ФОС текущего контроля по дисциплине состоит из вопросов и заданий, составлен-ных с учетом показателей оценивания компетенций, формируемых в результате освоения дисциплины. Результаты текущей аттестации обучающихся учитываются при выставлении оценки по промежуточной аттестации в случае полного выполнения обучающимися установленного учебного графика.