

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 15.11.2023 15:13:17

Уникальный идентификатор:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Прикладная кристаллография

Закреплена за подразделением

Кафедра материаловедения полупроводников и диэлектриков

Направление подготовки

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Квалификация

Инженер-исследователь

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

5 ЗЕТ

Часов по учебному плану

180

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 6

аудиторные занятия

102

самостоятельная работа

24

часов на контроль

54

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	6 (3.2)		Итого	
	Неделя			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Практические	68	68	68	68
Итого ауд.	102	102	102	102
Контактная работа	102	102	102	102
Сам. работа	24	24	24	24
Часы на контроль	54	54	54	54
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

к.ф.-м.н., доц., Диденко И.С.

Рабочая программа

Прикладная кристаллография

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 МЕТАЛЛУРГИЯ (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ, 22.03.02-БМТ-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:

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра материаловедения полупроводников и диэлектриков

Протокол от 21.06.2023 г., №12-22/23

Руководитель подразделения Оганов Артем Ромаевич, д.ф.-м.н., профессор

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	освоение методов кристаллографического описания атомного строения металлов и сплавов, а также анализа типов дефектов кристаллов и их поведения в разных кристаллических структурах при механическом и термическом воздействии
-----	---

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.08
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Дефекты кристаллической решетки и механические свойства сплавов	
2.1.2	Инженерные расчеты в металлургии	
2.1.3	Методы исследования свойств металлов и сплавов	
2.1.4	Организация и математическое планирование эксперимента	
2.1.5	Органическая химия в металлургии	
2.1.6	Основы пиро- и гидрометаллургического производства	
2.1.7	Основы теории литейных процессов	
2.1.8	Потребительские свойства металлургической продукции	
2.1.9	Процессы получения металлических порошков	
2.1.10	Сырьевая и энергетическая безопасность предприятий	
2.1.11	Теория обработки металлов давлением и физические основы пластической деформации	
2.1.12	Термодинамика и кинетика металлургических процессов	
2.1.13	Технологические измерения и приборы	
2.1.14	Технологические процессы пластической обработки металлов и сплавов	
2.1.15	ARTCAD	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Современные инструментальные методы и средства контроля параметров работы металлургических агрегатов	
2.2.2	Компьютерное проектирование процессов и технологий ОМД	
2.2.3	Конструирование литейной оснастки, раздел 1	
2.2.4	Металловедение, часть 1	
2.2.5	Металлургия тугоплавких и рассеянных редких металлов	
2.2.6	Металлургия тяжелых цветных металлов	
2.2.7	Методы анализа структуры металлов и сплавов	
2.2.8	Метрология и измерительная техника	
2.2.9	Производство отливок из сплавов цветных металлов	
2.2.10	Современные методы производства сплошных и полых изделий	
2.2.11	Теория и технология производства стали в электропечах	
2.2.12	Теплотехника и экодизайн металлургических печей	
2.2.13	Технологии и оборудование для модификации поверхности	
2.2.14	Технология композиционных материалов	
2.2.15	Закономерности и механизмы формирования материалов в аддитивных технологиях	
2.2.16	Закономерности, механизмы и диагностика процессов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза	
2.2.17	Информационные технологии управления металлургическими печами	
2.2.18	Конструирование литейной оснастки, раздел 2	
2.2.19	Логистика вторичных ресурсов	
2.2.20	Металловедение, часть 2	
2.2.21	Металлургия благородных металлов	
2.2.22	Металлургия редкоземельных и радиоактивных металлов	
2.2.23	Метрология, стандартизация и методы контроля и анализа веществ	
2.2.24	Модельное производство	
2.2.25	Огнеупоры металлургического производства	
2.2.26	Основы промышленного дизайна и ювелирного дела	
2.2.27	Пористые порошковые материалы. Порошковые материалы для узлов трения. Порошковые алмазосодержащие материалы.	
2.2.28	Производство отливок из стали и чугуна	

2.2.29	Производство тяжелых цветных металлов
2.2.30	Производство ферросплавов
2.2.31	Разливка стали и спецэлектрометаллургия
2.2.32	Технологические линии и комплексы ОМД
2.2.33	Физико-механические свойства металлов
2.2.34	Химия окружающей среды
2.2.35	Цифровое моделирование процессов и инструмента ОМД
2.2.36	Защитные покрытия на металлопродукции
2.2.37	Информационные технологии в деформационной обработке металлов
2.2.38	Комплексное использование сырья и техногенных материалов
2.2.39	Конструкционные порошковые материалы общемашиностроительного и специального назначения
2.2.40	Материаловедение и термообработка металлов и сплавов
2.2.41	Материаловедение неметаллических материалов
2.2.42	Методы исследования технологических процессов и оборудования
2.2.43	Методы оценки качества и исследования металлургических свойств техногенного сырья и вторичных ресурсов
2.2.44	Моделирование процессов и объектов в металлургии
2.2.45	Наилучшие доступные технологии в металлургии
2.2.46	Оборудование литейных цехов
2.2.47	Основы аддитивных технологий
2.2.48	Основы процессов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза
2.2.49	Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов
2.2.50	Производство благородных металлов
2.2.51	Производство легких металлов
2.2.52	Производство отливок из сплавов цветных металлов
2.2.53	Производство редких металлов
2.2.54	Производство слитков из сплавов цветных металлов
2.2.55	Современные методы исследования металлических материалов
2.2.56	Современные процессы в металлургии и материаловедении и методы их исследования
2.2.57	Специальные способы литья
2.2.58	Теория металлургических процессов
2.2.59	Термодинамические расчеты и анализ фазовых диаграмм многокомпонентных систем
2.2.60	Технологии защиты оборудования и металлопродукции от коррозии
2.2.61	Технологические процессы пластической обработки металлов и сплавов
2.2.62	Технология композиционных материалов
2.2.63	Экология металлургического производства
2.2.64	Автоматизация машин и агрегатов ОМД
2.2.65	Диагностика и экспертиза коррозионных разрушений металлов
2.2.66	Дизайн литого изделия
2.2.67	Инновационные технологии и оборудование ферросплавного производства
2.2.68	Компьютерное проектирование и инжиниринг
2.2.69	Материаловедческие основы производства твердых сплавов
2.2.70	Методы аттестации наноструктурированных поверхностей
2.2.71	Моделирование технологических процессов
2.2.72	Мониторинг работы металлургического предприятия
2.2.73	Основы теории сварки и пайки литых изделий
2.2.74	Особенности получения высокоточных отливок
2.2.75	Отливки для металлургической и горнодобывающей отраслей
2.2.76	Порошковые материалы для электротехнической промышленности. Тугоплавкие порошковые материалы
2.2.77	Прикладная термодинамика и кинетика металлургических процессов
2.2.78	Производство прямовосстановленного железа
2.2.79	Промышленная экология и технологии декарбонизации
2.2.80	Разливка стали и спецэлектрометаллургия
2.2.81	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства благородных металлов

2.2.82	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства меди, никеля и сопутствующих элементов
2.2.83	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства тугоплавких и рассеянных редких металлов
2.2.84	СВС-технологии получения неорганических материалов
2.2.85	Современные производственные технологии
2.2.86	Теплоэнергетика и вторичные энергоресурсы
2.2.87	Технологии Big Data
2.2.88	Технология промышленных процессов деформационной обработки металлов и сплавов
2.2.89	Цифровое моделирование процессов и инструмента ОМД
2.2.90	Экодизайн и зеленые технологии
2.2.91	Экология литейного производства
2.2.92	Аддитивные технологии в литейном производстве
2.2.93	Анализ данных и аналитика в принятии решений
2.2.94	Аффинаж благородных металлов
2.2.95	Защита интеллектуальной собственности и патентование
2.2.96	Инженерия биоповерхностей
2.2.97	Инновационное производство высоколегированной стали и сплавов
2.2.98	Конструирование и моделирование металлических материалов
2.2.99	Материалы на основе углерода
2.2.100	Металловедение, часть 3
2.2.101	Металлургические методы переработки промышленных и бытовых отходов
2.2.102	Методы и инструменты бережливого производства
2.2.103	Моделирование литейных процессов
2.2.104	Обеспечение единства измерений трибологических и механических свойств
2.2.105	Обращение со шлаками и шламами
2.2.106	Планирование эксперимента
2.2.107	Разработка и реализация предпринимательских проектов
2.2.108	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства алюминия и магния
2.2.109	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства редкоземельных и радиоактивных металлов
2.2.110	Совмещенные процессы деформационно-термической обработки
2.2.111	Термодинамические расчеты многокомпонентных диаграмм состояния
2.2.112	Техногенное сырье и вторичные ресурсы
2.2.113	Технологические основы аддитивного производства и специальной электрометаллургии
2.2.114	Экологическая экспертиза
2.2.115	Научно-исследовательская работа
2.2.116	Научно-исследовательская работа
2.2.117	Научно-исследовательская работа
2.2.118	Научно-исследовательская работа
2.2.119	Научно-исследовательская работа
2.2.120	Научно-исследовательская работа
2.2.121	Научно-исследовательская работа
2.2.122	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.123	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.124	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.125	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.126	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.127	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.128	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.129	Комплексное использование сырья и отходов глиноземной промышленности

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-3: Способен разрабатывать предложения по внедрению в производство новой техники и технологий

Знать:

ПК-3-31 Методы и подходы кристаллографии и кристаллохимии к описанию и анализу кристаллических структур
ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов
Знать:
ПК-2-32 Виды дефектов кристаллической решетки и их свойств
ПК-2-31 Основные понятия, термины и законы кристаллографии и кристаллохимии
ПК-3: Способен разрабатывать предложения по внедрению в производство новой техники и технологий
Уметь:
ПК-3-У1 Использовать методы и подходы кристаллографии и кристаллохимии для обоснованного выбора характеристик структуры и состава, предназначенных для целей дальнейшего использования
ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов
Уметь:
ПК-2-У1 Анализировать кристаллические структуры методами кристаллографии и кристаллохимии
ПК-2-У2 Рассчитывать параметры, анализировать типы дефектов и их поведение в различных кристаллических структурах
Владеть:
ПК-2-В1 Методами анализа и расчета кристаллических структур и дефектов в них

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. Законы геометрической кристаллографии							
1.1	Элементы симметрии кристаллических многогранников. Симметрия и анизотропия механических свойств металлов /Лек/	6	1	ПК-2-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			
1.2	Методы описания направлений в кристаллах (координатный, векторный, направляющих косинусов, символический, стереографический) /Лек/	6	1	ПК-2-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			
1.3	Методы описания плоскостей в кристаллах (параметров, индексов Миллера, направляющих косинусов нормали Г.В. Вульфа, стереографический, векторный) /Лек/	6	1	ПК-2-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			
1.4	Законы геометрической кристаллографии и области их практического применения в металловедении (максимальной ретикулярной плотности Браве, постоянства двугранных углов Стенона, целых чисел Гаюи, зон Вейсса, симметрии кристаллических многогранников А.В. Гадолина) /Лек/	6	2	ПК-2-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			

1.5	Особенности индирования гексагональных и тригональных кристаллов /Лек/	6	1	ПК-2-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			
1.6	Определение элементов симметрии и международного класса симметрии кристаллических многогранников (КМ) /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
1.7	Кристаллографические проекции (сферическая, стереографическая, гномостереографическая) /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
1.8	Решение задач с использованием сетки Г.В. Вульфа /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			
1.9	Применение метода косинусов для индирования направлений и плоскостей в кристаллах /Пр/	6	1	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
1.10	Индирование кубических, тетрагональных и ромбических кристаллов /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
1.11	Индирование кристаллов тригональной и гексагональной сингоний /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
1.12	Определение зоны и простых форм кристаллических многогранников /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			
1.13	Контрольная работа № 1 /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			КМ1
1.14	Выполнение домашнего задания № 1 Подготовка к контрольной работе № 1 Подготовка к практическим занятиям Подготовка к экзамену /Ср/	6	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3.1			КМ4
	Раздел 2. Стандартные методы описания атомного строения важнейших металлических фаз							
2.1	Трансляции, плоскости скользящего отражения, винтовые оси симметрии, пространственные решетки Браве, пространственные группы симметрии Е.С.Федорова /Лек/	6	1	ПК-2-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1			КМ2
2.2	Правильные системы точек и базис кристаллических структур. Международные кристаллографические таблицы /Лек/	6	1	ПК-2-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1			

2.3	Плотнейшие шаровые упаковки и правила их определения в кристаллических структурах /Лек/	6	1	ПК-2-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1			
2.4	Описание кристаллических структур с помощью координационных многогранников Полинга-Белова /Лек/	6	1	ПК-2-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1			
2.5	Описание кристаллических структур с помощью метода обратной пространственной решетки. Сопряжение прямой и обратной пространственных решеток /Лек/	6	1	ПК-2-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1			
2.6	Определение пространственных решеток Браве. Расчет числа структурных единиц и стехиометрической формулы вещества /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1			
2.7	Определение элементов симметрии моделей кристаллических структур и международного символа пространственной группы симметрии и(ПГС) /Пр/	6	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1			
2.8	Определение правильных систем точек /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1			
2.9	Определение базиса кристаллической структуры с помощью Международных кристаллографических таблиц /Пр/	6	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1			
2.10	Определение плотнейших шаровых упаковок /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1			
2.11	Представление кристаллических структур с помощью метода координационных многогранников /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1			
2.12	Анализ сопряжения прямой и обратной пространственных решеток /Пр/	6	3	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1			
2.13	Контрольная работа № 2 /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1		КМ2	
2.14	Выполнение Домашнего задания № 2 Подготовка к контрольной работе № 2 Подготовка к практическим занятиям Подготовка к экзамену /Ср/	6	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1		КМ4	

	Раздел 3. Методы расчета кристаллических структур							
3.1	Расчет металлических и ионных радиусов, их зависимость от положения в Периодической системе элементов Д.И.Менделеева /Лек/	6	1	ПК-2-31 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1			
3.2	Расчет межатомных и межплоскостных расстояний в металлах и интерметаллических фазах. /Лек/	6	1	ПК-2-31 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1			
3.3	Анализ корреляции между кристаллохимическими параметрами, типом кристаллической структуры и областью ее устойчивости. Изоморфные ряды кристаллических структур /Лек/	6	1	ПК-2-31 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1			
3.4	Анализ ориентационных соотношений и атомных механизмов полиморфных превращений, эпитаксиальных явлений и двойникового в металлических фазах /Лек/	6	1	ПК-2-31 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1			
3.5	Прогнозирование характера межатомного взаимодействия в металлических сплавах на основе сопоставления кристаллохимических характеристик структурообразующих металлов и сравнение результатов этого анализа с реальными равновесными диаграммами /Лек/	6	1	ПК-2-31 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1			
3.6	Расчет межатомных и межплоскостных расстояний /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1			
3.7	Анализ атомных механизмов полиморфных превращений, механизмов при образовании двойников и ориентационных соотношений при эпитаксии /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1			
3.8	Расчет ретикулярных и рентгеновских плоскостей /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1			
3.9	Выполнение Домашнего задания № 2 Подготовка к практическим занятиям Подготовка к экзамену /Ср/	6	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1		КМ4	
	Раздел 4. Точечные дефекты в кристаллах металлов							

4.1	Классификация дефектов в кристаллах. Вакансии, межузельные атомы, энергия их образования. Примесные атомы замещения и внедрения, гантель, краудион. Искажения решетки вокруг точечных дефектов /Лек/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			
4.2	Термодинамика точечных дефектов. Равновесная концентрация вакансий /Лек/	6	1	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			
4.3	Миграция точечных дефектов. Источники и стоки точечных дефектов. Комплексы точечных дефектов; дивакансии, комплекс вакансии – примесный атом /Лек/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			
4.4	Поведение вакансий при закалке и отжиге. Прямые и косвенные методы определения концентрации вакансий и энергии их образования /Лек/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			
4.5	Энергия образования и концентрация точечных дефектов /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			
4.6	Миграция и взаимодействие точечных дефектов /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			
4.7	Выполнение Домашнего задания № 3 Подготовка к контрольной работе № 3 Подготовка к практическим занятиям Подготовка к экзамену /Ср/	6	4	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1		КМ4	
	Раздел 5. Основные типы дислокаций, их движение и упругие свойства							
5.1	Несоответствие между экспериментальной и теоретической прочностью идеального кристалла. Краевая дислокация. Скольжение и переползание краевой дислокации. Термически активируемое образование порогов на краевой дислокации /Лек/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			
5.2	Винтовая дислокация. Скольжение винтовой дислокации, поперечное скольжение. Смешанные дислокации и их движение. Смешанная и призматическая дислокационные петли, их движение. Контур и вектор Бюргерса. /Лек/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			

5.3	Плотность дислокаций. Методы выявления дислокаций в металлах: метод ямок травления, дифракционная электронная микроскопия /Лек/	6	1	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			
5.4	Энергия дислокаций. Расчет энергии винтовой дислокации. Силы натяжения дислокации. Силы, действующие на дислокацию. Равновесие криволинейной дислокации. Упругое взаимодействие параллельных краевых и винтовых дислокаций. Дислокационная стенка. Аннигиляция краевых дислокаций разного знака /Лек/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			
5.5	Дислокации в примитивной кубической решетке /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			
5.6	Энергия дислокации и силы, действующие на дислокацию /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			
5.7	Выполнение Домашнего задания № 3 Подготовка к контрольной работе № 3 Подготовка к практическим занятиям Подготовка к экзамену /Ср/	6	3	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1		КМ4	
	Раздел 6. Дислокации в типичных металлических структурах кристаллов							
6.1	Дислокационные реакции и их энергетический критерий. Единичные дислокации в ГП, ГЦК и ОЦК решетках /Лек/	6	1	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			
6.2	Дефекты упаковки и их энергия. Подразделение дислокаций на полные и частичные. Расщепление дислокаций. Растянутые дислокации. Скольжение растянутых дислокаций в г.п., г.ц.к. и о.ц.к. решетках. Ширина растянутых дислокаций. Дислокации Франка /Лек/	6	1	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			
6.3	Стандартный тетраэдр и дислокационные реакции в г.ц.к. решетке. Вершинные дислокации и дислокации Ломер-Коттрелла. Тетраэдр дефектов упаковки /Лек/	6	1	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			

6.4	Дислокационные реакции в о.ц.к. и г.п. решетках. Стандартная бипирамида. Поперечное скольжение растянутых дислокаций. Двойнивающая дислокация. Схема полярного механизма роста двойника. Дислокации в упорядоченных растворах /Лек/	6	1	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			
6.5	Пересечение дислокаций и их взаимодействие с точечными дефектами. Движение дислокаций с порогами /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			
6.6	Дислокационные реакции в ГЦК решетке /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			
6.7	Дислокационные реакции в ГП и ОЦК решетках /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			
6.8	Взаимодействие дислокаций с примесными атомами; упругое и электрическое взаимодействие. Атмосферы Коттрелла, Снука и Сузуки. Энергия связи краевой дислокации с примесным атомом. Насыщенные атмосферы Коттрелла. Взаимодействие дислокаций с вакансиями и межузельными атомами /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			
6.9	Образование дислокаций при кристаллизации и при захлопывании диска вакансий. Структурные дислокации. Размножение дислокаций при пластической деформации. Плоский и пространственный источники Франка-Рида; критическое касательное напряжение, вызывающее работу источника. Источник Бардина-Херринга. Понятие дисклинации /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			
6.10	Выполнение Домашнего задания № 3 Подготовка к контрольной работе № 3 Подготовка к практическим занятиям Подготовка к экзамену /Ср/	6	3	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1		КМ4	
	Раздел 7. Границы зерен и субзерен. Торможение дислокаций							

7.1	Малоугловые границы. Границы наклона и кручения. Полигонизация. Миграция малоугловых границ. Высокоугловые границы. Специальные и произвольные границы. Решетка и граница совпадающих узлов /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			
7.2	Зернограницные дислокации (собственные и несобственные). Взаимодействие границ зерен с дислокациями и точечными дефектами. Миграция высокоугловых границ. Зернограницное скольжение /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			
7.3	Торможение дислокаций. Сила Пайерлса-Набарро. Перегибы на дислокациях. Торможение дислокаций при их упругом взаимодействии с другими дислокациями. Плоские скопления дислокаций у барьеров Ломер-Коттрелла и границ зерен. Торможение дислокаций дисперсными частицами. Торможение дислокаций примесями и вакансиями. Торможение дислокаций в твердых растворах /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1			
7.4	Контрольная работа № 3 /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1		КМ3	
7.5	Выполнение домашнего задания № 3 Подготовка к контрольной работе № 3 Подготовка к практическим занятиям Подготовка к экзамену /Ср/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1		КМ4	

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	ПК-2-31	Определение характеристик и проектирование двух моделей кристаллических многогранников с соответствии с Планом описания модели кристаллического многогранника (Раздел 1)
КМ2	Контрольная работа № 2	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-В1;ПК-3-31;ПК-3-У1	Определение характеристик модели кристаллической структуры с соответствии с Планом описания модели кристаллической структуры (Разделы 2)
КМ3	Контрольная работа № 3	ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-У2;ПК-3-У1	Вариант контрольной работы содержит 4 задания по разделам 4,5,6,7

КМ4	Экзамен	ПК-2-32;ПК-2-В1;ПК-2-У2;ПК-3-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-3-31	<ol style="list-style-type: none"> 1. Анизотропия и симметрия кристаллов. Закон постоянства углов. 2. Кристаллографические проекции. Стереографическая и гномостереографические проекции 3. Определение угловых параметров кристалла с помощью сетки Вульфа 4. Элементы симметрии кристаллических многогранников 5. Основные теоремы взаимодействия элементов симметрии многогранников 6. Кристаллографические категории и сингонии 7. Точечные группы (классы) симметрии кристаллов 8. Кристаллографические системы координат. Правила установки кристаллов 9. Закон целых чисел. Индексы Миллера 10. Индексирование плоскостей и направлений в кристаллах. Единичная грань 11. Особенности индексирования кристаллов тетрагональной и ромбической сингоний 12. Особенности индексирования кристаллов тригональной и гексагональной сингоний 13. Простые формы огранки кристалла 14. Зоны в кристаллах. Закон зон 15. Структура кристалла и пространственная решетка 16. Правила выбора элементарной ячейки кристаллической структуры 17. Системы трансляций Бравэ 18. Определение стехиометрической формулы вещества кристаллической структуры 19. Элементы симметрии кристаллических структур 20. Пространственные группы симметрии (ПГС). Международный символ ПГС 21. Правильные системы точек 22. Международные кристаллографические таблицы 23. Базис кристаллической структуры. Координаты структурных единиц 24. Типы химической связи в кристаллах. Атомные и ионные радиусы. 25. Координационные числа и многогранники 26. Плотнейшие шаровые упаковки
-----	---------	---	---

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	Домашнее задание № 1	ПК-2-31	Решение задач по разделу 1
Р2	Домашнее задание № 2	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-В1;ПК-3-31;ПК-3-У1	Решение задач по разделам 2, 3
Р3	Домашнее задание № 3	ПК-2-32;ПК-2-У2;ПК-2-В1;ПК-3-У1	Решение задач по разделам 4,5,6,7

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

Экзаменационный билет содержит 3 задания, каждое задание имеет теоретическую и практическую часть

Билеты хранятся на кафедре

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

Оценка за экзамен:

«отлично» – студент показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе;

«хорошо» – студент показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал;

«удовлетворительно» – студент показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но использует методы и правила, необходимые для решения конкретной поставленной задачи, правильно действует по применению знаний на практике;

«неудовлетворительно» – студент допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, не использует методы и правила, необходимые для решения конкретной поставленной задачи

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

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Новиков И. И., Розин К. М.	Кристаллография и дефекты кристаллической решетки: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1990
Л1.2	Розин К. М.	Практическая кристаллография: учеб. пособие для студ. вузов напр. 150700(651800)-Физическое материаловедение и 150100 (651300)-Металлургия	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2005
Л1.3	Розин Константин Маркович	Кристаллография и кристаллохимия: Описание кристаллических структур с помощью Международных Кристаллографических Таблиц: Учеб. пособие для студ. спец. 1105.02 и 1108.00	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2001

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Шаскольская М. П.	Кристаллография: учеб. пособие для студ. высш. техн. учеб. заведений	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 1984

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Диденко Ирина Сергеевна, Гераськин Валерий Васильевич	Кристаллофизика. Симметрия кристаллических многогранников: лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2011

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	LMS Canvas
П.2	MS Teams
П.3	Microsoft PowerPoint
П.4	Microsoft Excel

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных**7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Ауд.	Назначение	Оснащение
К-521	Учебная аудитория	набор демонстрационного оборудования в том числе: мультимедийный проектор, ПК, экран проекционный, коллекция моделей кристаллических многогранников и кристаллических структур, комплект учебной мебели, пакет лицензионных программ MS Office

К-521	Учебная аудитория	набор демонстрационного оборудования в том числе: мультимедийный проектор, ПК, экран проекционный, коллекция моделей кристаллических многогранников и кристаллических структур, комплект учебной мебели, пакет лицензионных программ MS Office
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 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

Студентам рекомендуется с самого начала освоения данной дисциплины работать с литературой и предлагаемыми заданиями в форме подготовки к очередному аудиторному занятию. При этом актуализируются имеющиеся знания, а также создается база для усвоения нового материала, возникают вопросы, ответы на которые студент получает в аудитории. Самостоятельная работа студентов организуется и контролируется путем индивидуального опроса студентов во время практических занятий, проведения трех письменных контрольных работ и трех домашних заданий. Перед началом занятий студенты получают на текущий семестр календарный план проведения контрольных работ, а также график выдачи и сдачи домашних заданий. При освоении данного курса студент должен пользоваться библиотекой вуза, а также электронными базами учебной литературы, в соответствии с настоящей программой