

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 27.10.2023 15:14:59

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)

Атомное строение фаз

Закреплена за подразделением

Кафедра физического материаловедения

Направление подготовки

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Квалификация

Инженер-исследователь

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

6 ЗЕТ

Часов по учебному плану

216

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 7

аудиторные занятия

85

самостоятельная работа

95

часов на контроль

36

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	18			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Практические	51	51	51	51
Итого ауд.	85	85	85	85
Контактная работа	85	85	85	85
Сам. работа	95	95	95	95
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	216	216	216	216

Программу составил(и):

ктн, доцент, Щетинин Игорь Викторович

Рабочая программа

Атомное строение фаз

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 Александр Григорьевич

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Цель освоения дисциплины – формирование компетенций в соответствии с учебным планом, а также изучение и использование закономерностей атомного строения и электронной структуры фаз в конденсированном состоянии для анализа и прогнозирования химического взаимодействия компонентов, устойчивости конденсированных фаз в конденсированном состоянии, а также их физических и механических свойств.
-----	--

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.15
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Диффузия и диффузионно-контролируемые процессы	
2.1.2	Защита интеллектуальной собственности и патентоведение	
2.1.3	Коррозия и защита металлов	
2.1.4	Материаловедение	
2.1.5	Материаловедение полупроводников и диэлектриков	
2.1.6	Металловедение инновационных материалов	
2.1.7	Методы исследования материалов	
2.1.8	Метрология и стандартизация цифровых технологий в материаловедении и металлургии	
2.1.9	Метрология и технические измерения функциональных материалов	
2.1.10	Метрология, стандартизация и технические измерения	
2.1.11	Метрология, стандартизация и технические измерения в электронике	
2.1.12	Основы материаловедения и методов исследования материалов	
2.1.13	Разработка новых материалов	
2.1.14	Фазовые равновесия и дефекты структуры	
2.1.15	Физика диэлектриков	
2.1.16	Физика металлов	
2.1.17	Физика полупроводников	
2.1.18	Введение в квантовую теорию твердого тела	
2.1.19	Дефекты кристаллической решетки	
2.1.20	Компьютеризация эксперимента	
2.1.21	Материалы альтернативной энергетики	
2.1.22	Материалы наукоемких технологий	
2.1.23	Основы дизайна металлических материалов	
2.1.24	Планирование и организация научно-исследовательской работы	
2.1.25	Планирование научного эксперимента	
2.1.26	Современные проблемы материаловедения	
2.1.27	Теория поверхностных явлений	
2.1.28	Теория симметрии	
2.1.29	Электроника	
2.1.30	Введение в квантовую механику	
2.1.31	Кристаллография	
2.1.32	Математическая статистика и анализ данных	
2.1.33	Методы математической физики	
2.1.34	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.35	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.36	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.37	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.38	Физика	
2.1.39	Физическая химия	
2.1.40	Электротехника	
2.1.41	Математика	
2.1.42	Органическая химия	
2.1.43	Химия	
2.1.44	Аналитическая геометрия	

2.1.45	Инженерная и компьютерная графика
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Атомная и электронная структура поверхности и межфазных границ
2.2.2	Композиционные материалы
2.2.3	Конструирование композиционных материалов
2.2.4	Методы исследования структур и материалов. Часть 2
2.2.5	Поверхностное модифицирование материалов и защитные покрытия
2.2.6	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
2.2.7	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
2.2.8	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
2.2.9	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
2.2.10	Специальные сплавы
2.2.11	Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 1. Магнитно-мягкие сплавы
2.2.12	Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 2. Магнитно-твердые сплавы
2.2.13	Аморфные, микро- и нанокристаллические материалы
2.2.14	Биофизика
2.2.15	Высокотемпературные и сверхтвердые функциональные и конструкционные материалы
2.2.16	Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве
2.2.17	Материаловедение и технологии перспективных материалов
2.2.18	Методы исследования характеристик и свойств материалов
2.2.19	Методы электронной микроскопии для материалов твердотельной электроники
2.2.20	Метрология и испытания функциональных материалов
2.2.21	Основы научно-технического перевода
2.2.22	Практика научно-технического перевода и редактирования
2.2.23	Тензорные методы в кристаллофизике
2.2.24	Технология получения кристаллов
2.2.25	Физические основы магнетизма и процессы перемагничивания материалов
2.2.26	Физические свойства приповерхностных слоев и методы их исследований
2.2.27	Функциональные наноматериалы
2.2.28	Химия и технология полимерных материалов
2.2.29	Биоорганическая химия
2.2.30	Высокотемпературные керамические материалы
2.2.31	Жаропрочные и радиационно-стойкие материалы
2.2.32	Квантовая теория твердого тела
2.2.33	Математическое и компьютерное моделирование материалов и процессов электроники
2.2.34	Методы исследования макро- и микроструктуры материалов
2.2.35	Методы непараметрической статистики
2.2.36	Некоторые главы кристаллохимии
2.2.37	Объемные наноматериалы
2.2.38	Процессы получения и обработки сверхтвердых материалов
2.2.39	Структура и технологичность сплавов
2.2.40	Физико-химия эволюции твердого вещества
2.2.41	Ядерно-спектроскопические и синхротронные методы исследований
2.2.42	Аттестация и испытания высокотемпературных и сверхтвердых материалов
2.2.43	Аттестация и сертификация изделий электронной техники
2.2.44	Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве функциональных материалов
2.2.45	Материаловедение и технологии перспективных материалов
2.2.46	Материалы и элементы спинтроники и спинволновой оптики
2.2.47	Менеджмент качества
2.2.48	Металлические материалы для крупных транспортных систем
2.2.49	Металловедение высокопрочных сплавов
2.2.50	Методология и практика определения размерных характеристик материалов

2.2.51	Методология научных исследований
2.2.52	Оптические явления в кристаллах. Часть 2
2.2.53	Основы клеточной биологии
2.2.54	Оформление результатов научной деятельности
2.2.55	Практическое применение теории функционала электронной плотности
2.2.56	Симметрия наносистем
2.2.57	Современные компьютерные технологии в структурном анализе
2.2.58	Спектроскопические и зондовые методы
2.2.59	Термомеханическая обработка металлов и сплавов
2.2.60	Управление коллективами
2.2.61	Управление проектами
2.2.62	Химические основы биологических процессов
2.2.63	Цифровое материаловедение
2.2.64	Нормы и правила оформления ВКР
2.2.65	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.66	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.67	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.68	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.69	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.70	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.71	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.72	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-1: Способен к поиску новых направлений научных исследований и синтезу знаний в области материаловедения и технологии материалов, способен оформлять технические задания и отчетные материалы по планируемым и проведенным исследованиям

Знать:

ПК-1-32 основные методы экспериментальных исследований структуры

ПК-1-31 влияние различных факторов на структуру и уровень свойств твердых тел;

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

Знать:

ОПК-1-31 основные законы и явления, объясняющие закономерности фазовых превращений;

ПК-1: Способен к поиску новых направлений научных исследований и синтезу знаний в области материаловедения и технологии материалов, способен оформлять технические задания и отчетные материалы по планируемым и проведенным исследованиям

Уметь:

ПК-1-У1 анализировать информацию о фазовых превращениях;

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

Уметь:

ОПК-1-У2 исследовать макро- и микроструктуру;

ОПК-1-У1 решать задачи профессиональной деятельности при выполнении структурных исследований;

ПК-1: Способен к поиску новых направлений научных исследований и синтезу знаний в области материаловедения и технологии материалов, способен оформлять технические задания и отчетные материалы по планируемым и проведенным исследованиям

Владеть:

ПК-1-В1 навыками давать оценку вклада различных факторов в формирование структуры;

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

Владеть:

ОПК-1-В1 опытом практического применения методов и обработки и анализа экспериментальной информации о структуре;

ОПК-1-В2 опытом анализа фазовых превращений в металлах и сплавах;

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. Классификация конденсированных сред. Электронная структура конденсированных фаз. Кристаллическая структура элементов и твердых растворов							
1.1	Классификация конденсированных состояний неорганических веществ по типу химической связи и атомной структуре. Ионные кристаллы. Металлическое состояние вещества. Электронная структура конденсированных фаз. Энергетический спектр электронов, поверхность Ферми, обратное пространство, зоны Бриллюэна. Кристаллическая структура чистых элементов. Атомная структура углерода. Фуллерены. Структура В-элементов II-V групп, правило «8-N». Полиморфизм. /Лек/	7	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ПК -1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.4Л3. 1			
1.2	Кристаллическая структура твердых растворов. Термодинамическое описание. Энергия смещения и анализ диаграмм состояния. Теория ограниченной растворимости элементов II-V групп в металлах группы меди. Теория Джонса-Конобеевского. /Лек/	7	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ПК -1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3 Л2.4			
1.3	Атомное упорядочение. Сверхструктуры на основе ГЦК и ОЦК решеток. Дальний и ближний порядок. Температурная зависимость степени порядка. /Лек/	7	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК -1-32 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1			
1.4	Расчет энергии Маделунга. Системы атомных, ионных и ковалентных радиусов. Оценка преобладающего характера химической связи /Пр/	7	4	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК -1-У1	Л3.1Л2.4			

1.5	Концентрационные зависимости периодов решетки твердых растворов. Определение типа твердого раствора /Пр/	7	4	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК -1-31 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.4			
1.6	Расчеты энергии смешения и анализ диаграмм состояния /Пр/	7	5	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК -1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.4			
1.7	Основные типы сверхструктур /Пр/	7	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ПК -1-31 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2 Л3.1Л2.4			
1.8	Расчеты степени дальнего порядка в сплаве Ni3Mn после нейтронного облучения /Пр/	7	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ПК -1-У1	Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.4			
1.9	Домашнее задание №1: Твердые растворы /Ср/	7	9	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ПК -1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.2 Л3.1Л2.4 Э1 Э2			
1.10	Подготовка к практическим занятиям раздела Классификация конденсированных сред /Ср/	7	14	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК -1-31 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.4 Э1 Э2			
	Раздел 2. Атомная структура промежуточных фаз с металлической, ковалентной и ионной связью							
2.1	Металлические соединения, их классификация. Фактор электронной концентрации и его проявление в фазах Юм-Розери и соединениях В-элементов. Условия образования /Лек/	7	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК -1-31 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3 Л2.4			
2.2	Принцип плотной упаковки и его реализация в структурах металлических соединений. Тетраэдрические плотноупакованные фазы. Фазы со структурой типа σ -FeCr и родственные им фазы Фазы Лавеса и родственные им соединения /Лек/	7	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ПК -1-31 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.4			
2.3	Фазы с решеткой типа NiAs и родственные им соединения. Полупроводники с алмазоподобной решеткой. Ионные кристаллы. Соединения металлов с неметаллами. Фазы внедрения /Лек/	7	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ПК -1-31 ПК-1-У1	Л1.1Л2.4Л3. 2			
2.4	Кристаллические структуры конденсированных фаз (работа с моделями). Интерметаллические фазы /Пр/	7	4	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ПК -1-31 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2 Л3.1Л2.4Л3. 2			

2.5	Соединения металлов с неметаллами (работа с моделями) /Пр/	7	4	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2 Л3.1Л2.1			
2.6	Домашнее задание №2: Промежуточные фазы /Ср/	7	12	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л3.1Л2.4Л3.2 Э1 Э2			Р2
2.7	Подготовка к практическим занятиям раздела Атомная структура промежуточных фаз /Ср/	7	14	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В2 ПК-1-31	Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2			
	Раздел 3. Структура расплавов и твердых аморфных тел, квазикристаллы и нанокристаллическое состояние твердых тел							
3.1	Структура расплавленных металлов и сплавов. Аморфное состояние /Лек/	7	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л1.1			
3.2	Квазикристаллические фазы. Атомная структура, морфология и некоторые свойства высокодисперсных частиц и тонких пленок. Нанокристаллическое состояние /Лек/	7	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.1Л2.4			
3.3	Кристаллизация как фазовый переход I-го рода. Кристаллизация чистых веществ. Термодинамика, кинетика, механизмы зарождения и роста кристаллов /Лек/	7	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л1.1 Л2.4			
3.4	Особенности кристаллизации расплавов. Затвердевание при высоких скоростях охлаждения /Лек/	7	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.4			
3.5	Кинетика кристаллизации. Анализ уравнения Колмогорова-Авраами /Пр/	7	4	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В2 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.4			
3.6	Подготовка к рактическим занятиям раздела Структура расплавов и твердых тел /Ср/	7	6	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3 Л2.4Л3.1 Э1 Э2			
	Раздел 4. Атомные механизмы фазовых превращений в конденсированных системах. Диффузионные превращения							
4.1	Диффузия в твердых телах и дефекты решетки. Диффузия в реальных растворах. Гетеродиффузия. Реактивная диффузия. Аномалии диффузии. Диффузия в жидкостях /Лек/	7	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.4			

4.2	Классификация фазовых превращений в твердом состоянии. Роль упругой и поверхностной энергии в формировании микроструктуры /Лек/	7	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В2 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л1.1 Л2.4Л3.2			
4.3	Аллотропические превращения в чистых металлах. Превращения в железе и сталях: термодинамика, кинетика, механизмы /Лек/	7	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В2 ПК-1-32 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.4Л3.2			
4.4	Массивное превращение, термодинамика, кинетика, условия его протекания. Особенности мартенситного превращения. Кристаллографическая теория мартенситных превращений в сталях /Лек/	7	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В2 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.4Л3.2			
4.5	Превращения в титане и твердых растворах на его основе, образование омега-фазы. Мартенситные превращения в промежуточных фазах /Лек/	7	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.4Л3.2			
4.6	Непрерывное и прерывистое превращения. Стадии диффузионного превращения. Распад пересыщенных твердых растворов. Типы распада, стадии распада, влияние пересыщения /Лек/	7	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В2 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л1.1 Л2.4			
4.7	Спинодальный распад. Влияние дефектов решетки на старение сплавов. Возврат при старении. Превращения в мартенсите при отпуске стали /Лек/	7	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В2 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л1.1 Л2.4			
4.8	Решение задач по диффузии /Пр/	7	6	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2			
4.9	Аллотропические превращения в металлах. Кристалл-геометрический анализ полиморфных превращений в Fe, Co /Пр/	7	4	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В2 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л1.1 Л2.4Л3.2			
4.10	Анализ ориентационных соотношений и морфологий выделений /Пр/	7	4	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л1.1			
4.11	Кинетика полиморфного превращения в сталях /Пр/	7	4	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-1-32 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л1.1			
4.12	Кинетика процессов распада твердых растворов. Процессы аморфизации и кристаллизации аморфных сплавов /Пр/	7	4	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК-1-32 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л1.1 Л2.4			

4.13	Подготовка к практическим занятиям раздела Атомные механимы фазовых превращений в конденсированных системах /Ср/	7	12	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ПК -1-32 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2			
4.14	Подготовка к экзамену по курсу /Ср/	7	28	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ПК- 1-31 ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-1 -В1	Л1.1 Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Э1 Э2		КМ1	

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	экзамен	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2	<p>1. Приведите основные положения теории Джонса-Конобеевского для оценки электронной концентрации в твердых растворах. Рассчитайте максимальную концентрацию электронов (N, эл/яч и n, эл/ат) в кри-сталле с ГЦК (ОЦК, примитивной кубической) решеткой.</p> <p>2. Получите выражение для внутренней энергии бинарного твердого рас-твора в приближении регулярного раствора. Опишите допущения при-ближения регулярного раствора. Введите понятие энергии смешения, укажите возможности определения знака и величины энергии смешения.</p> <p>3. Укажите приближения в анализе упорядочения по Горскому-Брэггу-Вильямсу, объясните ход вывода выражения для изменения свободной энергии при разупорядочении эквиатомного сплава АВ, упорядоченно-го по типу В2, и проанализируйте его (дайте графическую интерперета-цию): $F(x) = (N_0/8)(1-x^2) + (1/2)kNT[(1+x)\ln(1+x) + (1-x)\ln(1-x)]$ </p> <p>4. Определите содержание компонентов в твердом растворе Al в Ni, ес-ли его период решетки составляет $a = 3.601 \text{ \AA}$ *</p> <p>5. Запишите аналитические выражения для зависимостей числа атомов в элементарной ячейке твердого раствора замещения В в А (n, nA, nB) и периода решетки a от концентрации растворяемого элемента В. Опиши-те входящие в эти выражения символы</p> <p>6. Запишите аналитические выражения для зависимостей числа атомов в элементарной ячейке твердого раствора внедрения В в А (n, nA, nB) и пе-риода решетки a от концентрации растворяемого элемента В. Опишите входящие в эти выражения символы</p> <p>7. Приведите графическую зависимость числа атомов в элементарной ячей-ке твердого раствора вычитания В в А (n, nA, nB) и периода решетки a от концентрации растворяемого элемента В. Опишите входящие в эти выражения символы</p> <p>8. Исходя из известных характеристик компонентов бинарной системы Cu-Zn (положение в таблице Менделеева, атомный радиус, электроотрица-тельность, кристаллическая структура) обсудить возможность образова-ния твердых растворов на основе компонентов, спрогнозировать протя-женность концентрационных областей и тип твердого раствора.*</p> <p>9. Опишите основные сверхструктуры на основе ГЦК решетки. Определи-те возможность фазового перехода II рода при образовании упорядо-ченного твердого раствора типа Cu3Au на основе ГЦК решетки (ответ должен включать аргументацию). *</p> <p>10. Выбрать звезду векторов обратной решетки и определить возмж-ность фазового перехода II рода при упорядочении по типа CuPt*</p>

		<p>11. Определить атомные объемы (V_{at}) для Fe в модификации \square и \square, ис-пользуя значения периодов решетки. Обсудить полученные значения.*</p> <p>12. Указать знак энергии смещения Au-Ni по виду диаграммы состоя-ния*</p> <p>13. Указать знак энергии смещения Fe-Mo по виду диаграммы состоя-ния*</p> <p>14. На схеме диаграммы фазового равновесия показать для сверхструк-туры типа АВ реакцию упорядочения, имея в виду принципиальную возможность фазового перехода второго рода и область концентраций, включающих наряду со сплавами, близкими к стехиометрическому со-ставу, сплавы существенно нестехиометрические</p> <p>15. Опишите два основных типа химического ближнего порядка в метал-лических системах, условия их образования и способы исследования. Приведите схематически температурную зависимости степени дальнего и ближнего порядка для случая \square и $\square < 0$.</p> <p>16. Указать приближения в анализе упорядочения по Горскому-Брэгу-Вильямсу, объяснить ход вывода выражения для изменения внутренней энергии при разупорядочении эквиатомного сплава АВ, упорядоченно-го по типу В2, и проанализировать его: $U(\square) = (Nu_0/8)(1 - \square^2)$ Показать графически зависимости \square и σ от температуры (в случае фазового превращения II рода)..</p> <p>17. Приведите схематически зависимость степени дальнего порядка от температуры в случае упорядочения, протекающего как фазовый пере-ход I и II рода. В чем отличия атомного механизма упорядочения, про-текающего, соответственно, как фазовый переход I и II рода?</p> <p>18. Опишите фазы, образование которых определяется фактором элек-тронной концентрации. Приведите примеры.</p> <p>19. Опишите фазы, образование которых определяется размерным фак-тором. Приведите примеры</p> <p>20. Исходя из известных характеристик компонентов бинарной системы Co-W (положение в таблице Менделеева, атомные радиусы) обсудить возможность образования промежуточных фаз: дать обоснование для прогноза и краткую кристаллохимическую характеристику одного, двух типов фаз, которые наиболее вероятны в данной системе.*</p> <p>21. Выбрать способ выражения электронной концентрации и привести её численное значение в ряду фаз</p> <p>22. Опишите общие и особенные черты кристаллической структуры раз-личных модификаций фаз Лавеса. Каковы возможные причины форми-рования той или иной модификации фазы Лавеса?</p> <p>23. Назовите тип промежуточной фазы и опишите структурный тип (его ведущего представителя и символ Пирсона) для Fe₆Mo₇. Приведите условия образования промежуточных фаз данного типа, используя по-ложение компонентов в периодической системе Менделеева и значения атомных радиусов. Приведите ещё 1-2 примера фаз данного типа.</p> <p>24. Обоснуйте рациональные способы оценки электронной концентра-ции в различных промежуточных фазах. Какое значение при этом имеют тип промежуточной фазы и особенности её компонентов (нормальные металлы, переходные металлы, элементы В-групп)?</p> <p>25. Опишите основные характеристики атомной структуры и дайте крат-кое определение тела с кристаллической (квазикристаллической, аморф-ной, нанокристаллической) структурой. Как будет выглядеть рентгено-грамма данного тела?</p> <p>26. Приведите графики функций $N(r)$ и $G(r)$, характеризующих радиаль-ное распределение атомов в аморфных веществах, и опишите предель-ные значения этих функций при $r \rightarrow \infty$</p> <p>27. Какие факторы способствуют аморфизации сплава?</p> <p>28. Провести анализ уравнения Колмогорова-Аврами.</p> <p>29. Через какое время закристаллизуется n % жидкого металла,</p>
--	--	--

		<p>если при данном переохлаждении линейная скорость роста кристаллов равна $0.5 \text{ мм}\cdot\text{с}^{-1}$, а скорость зародышеобразования $10^3 \text{ с}^{-1} \text{ мм}^{-3}$.*</p> <p>30. Оцените число атомов в критическом зародыше, возникающем в процессе гомогенной кристаллизации Pt (Fe, Al) при переохлаждении $\Delta T/T_0 = 0.05$ и 0.2. Удельную теплоту плавления считать равной $Q = \kappa \text{ Дж}/\text{см}^3$, поверхностную энергию $\sigma = \text{Дж}/\text{см}^2$. Сделайте вывод о возможности формирования зародышей в зависимости от переохлаждения*</p> <p>31. В каком случае следует ожидать образование кристаллов с правильной огранкой?</p> <p>32. При каких условиях в сплаве заданного состава кристаллизация может идти без изменения химического состава. Приведите термодинамическое обоснование.</p> <p>33. Объяснить необходимость переохлаждения при затвердевании расплава как фазового перехода I рода. В каком случае требуется большее переохлаждение:</p> <p>а) для реализации гомогенной кристаллизации; б) для реализации гетерогенной кристаллизации. Дайте объяснение.</p> <p>34. Опишите структуру атомно-шероховатой (атомно-гладкой) поверхности.</p> <p>35. Сформулируйте идею эксперимента, показавшего возможность гомогенного зарождения при кристаллизации (по Тарнбаллу)</p> <p>36. Какая из двух фаз, образующих эвтектику, выполняет роль «ведущей», в чем состоит её особенность?</p> <p>37. Что такое мартенсит? Назвать 3-4 примера протекания мартенситного превращения в металлах и сплавах. Опишите его основные кинетические и структурные особенности.</p> <p>38. Выбрать ячейку исходной фазы и записать в матричной форме деформацию Бейна для $\alpha \rightarrow \beta$ мартенситного превращения в стали. Назвать экспериментальные факты, подтверждающие схему Бейна и факты, противоречащие ей.</p> <p>39. Из каких компонентов состоит деформация превращенного объема при мартенситном превращении в стали? Что такое «аккомодационная» деформация?</p> <p>40. Запишите возможные ориентационные соотношения для $\alpha - \text{Ti}$ и $\beta - \text{Ti}$, а также $\alpha - \text{Ti}$ и $\beta - \text{Ti}$, учитывая характеристики решеток фаз. В общей форме опишите вероятные механизмы перестройки решетки $\alpha - \text{Ti}$ при мартенситном превращении в $\beta - \text{Ti}$ и $\alpha - \text{Ti}$.</p> <p>41. В чем различие диффузионного и бездиффузионного фазовых превращений?</p> <p>42. Опишите изменение свободной энергии при фазовом превращении в твердом состоянии (ΔF). Обсудите влияние типа межфазных границ на ΔF. Оцените размер частиц, принимающих пластинчатую форму, учитывая поверхностную энергию $\sigma \approx 10^{-2} \text{ Дж}/\text{м}^2$, модуль упругости $E \approx 10^{11} \text{ Н}/\text{м}^2$ и степень несоответствия решеток $\delta \approx 10^{-2}$.*</p> <p>43. Опишите все стадии формирования выделений при распаде твердого раствора. Укажите зависимость размера частиц на каждой стадии от времени (по Любому).</p> <p>44. Объясните явление коллоидного равновесия. В чем состоит явление коалесценции?</p> <p>45. Используя схему изменения свободной энергии от концентрации твердого раствора с учетом возможного расслоения и образования про-межуточных фаз (метастабильной и стабильной), показать связь числа стадий распада твердого раствора с его пересыщением.</p> <p>46. Приведите схему изменения концентрации компонента для случая спинодального (ячеистого, непрерывного) распада. Каким образом будет меняться зависимость $c(x)$ с ростом времени?</p> <p>47. Объясните термины «однофазный» и «двухфазный» распад. Изобразите схему изменения содержания компонентов при непрерывном (ячеистом) распаде.*</p> <p>48. В чем проявляется влияние вакансий и дислокаций на процесс распада пересыщенного твердого раствора?</p> <p>49. Проведите анализ концентрационной зависимости</p>
--	--	--

			<p>коэффициента диффузии в реальных твердых растворах в случае бинарной системы, характеризующейся энергией смешения $\Delta u < 0$. Использовать представление о термодинамическом множителе коэффициента диффузии. Как изменится коэффициент диффузии при атомном упорядочении?</p> <p>50. Проведите анализ концентрационной зависимости коэффициента диффузии в реальных твердых растворах в случае бинарной системы, характеризующейся энергией смешения $\Delta u > 0$. Использовать представление о термодинамическом множителе коэффициента диффузии. Указать особенности фазовых превращений и микроструктуры при распаде твердого раствора в спинодальной области.</p> <p>51. Приведите диаграмму состояния с расслоением, указав области мета-стабильного и лабильного состояний твердого раствора, а также положение когерентной спинодали. Чем объясняется различие в положении химической и когерентной спинодали?</p> <p>52. Укажите последовательность термических обработок для наблюдения явления «возврата при старении» и назовите возможные причины этого явления.</p> <p>53. Опишите основные явления при отпуске стали.</p> <p>54. Назовите возможные причины аномально быстрой диффузии в сплавах.</p> <p>55. Какие условия в наибольшей степени способствуют аморфизации сплавов (при закалке из жидкости и при твердофазных превращениях)?</p> <p>56. Назовите основные типы структурообразования при кристаллизации аморфных металлических сплавов и выберите из них тип, благоприятный для формирования структуры магнитомягкого материала на основе системы Fe-Si-B.</p> <p>57. Назовите возможные структурные изменения в сплавах при экстремальных воздействиях на него (закалка из жидкости, облучение, механо-активация и пр.)</p> <p>58. При диффузионном насыщении ($T_n = 1000.0\text{C}$) Zn в Cu на поверхности достигнута концентрация Zn 48 ат.%. Покажите схематически распределение углерода по глубине слоя, учитывая вид диаграммы состояния Cu-Zn (см. учебное пособие № 1573) и то, что коэффициенты диффузии в фазах приблизительно одинаковы.</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
P1	Домашнее задание №1: Твердые растворы	ОПК-1-31	Оценка растворимости компонентов. Закрепление знаний о сверхструктурах.
P2	Домашнее задание №2: Промежуточные фазы	ОПК-1-31; ОПК-1-В2	Прогноз образования фаз в заданной системе

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

В рамках курса предусмотрен экзамен.

Пример экзаменационного билета приведен в приложении данной программе.

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

Шкала оценивания знаний обучающихся на экзамене:

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу.

Оценка «хорошо» - обучающийся 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.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

Оценка «неявка» – обучающийся на экзамен не явился.

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

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Ягодкин Юрий Дмитриевич, Свиридова Татьяна Александровна	Атомное строение фаз. Кристаллохимия твердых растворов и промежуточных фаз. Структура аморфных, квазикристаллических и нанокристаллических материалов: курс лекций для студ. спец. - 'Физика металлов' и 'Наноматериалы'	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2007
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

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Юм-Розери Ю.	Введение в физическое металловедение: монография	Электронная библиотека	Б.м.: Металлургия, 1965
Л2.2	Уманский Я. С., Скаков Ю. А., Иванов А. Н., Расторгуев Л. Н.	Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1982
Л2.3	Ливанов Д. В.	Физика металлов: учебник для студ. вузов спец. 'Металловедение и терм. обраб. металлов' и напр. 'Металлургия'	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2006
Л2.4	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

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
--	---------------------	----------	------------	-------------------

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.1	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	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1988
ЛЗ.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	The Cambridge Structural Database (CSD)	https://www.ccdc.cam.ac.uk/solutions/csd-system/components/csd/
Э2	Springermaterials	https://materials.springer.com/

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	ESET NOD32 Antivirus
П.2	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.3	Microsoft Office
П.4	LMS Canvas
П.5	MS Teams

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	Полнотекстовые российские научные журналы и статьи:
И.2	— Научная электронная библиотека eLIBRARY https://elibrary.ru/
И.3	— Полнотекстовые деловые публикации информагентств и прессы по 53 отраслям https://polpred.com/news
И.4	Иностранные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС):
И.5	— аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science https://apps.webofknowledge.com
И.6	— аналитическая база (индексы цитирования) Scopus https://www.scopus.com/
И.7	— наукометрическая система InCites https://apps.webofknowledge.com
И.8	— научные журналы издательства Elsevier https://www.sciencedirect.com/
И.9	Справочно-правовая система Консультант плюс http://www.consultant.ru/
И.10	Справочно-правовая система http://www.garant.ru

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
Б-416	Учебная аудитория	проектор; экран; маркерная доска; компьютер преподавателя; микроскоп Carl Zeiss Axio Scope A1, компьютерный класс на 12 компьютеров, комплект учебной мебели
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.
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

Специализированные лаборатории и классы, основные установки и стенды
Мультимедийная аудитория с возможностью показа видеоматериалов с аудиосопровождением. Выбирается в зависимости от количества студентов, изучающих в текущем семестре данную дисциплину;
Учебный комплекс по структурной диагностике и материаловедческой экспертизе неорганических материалов методами рентгеновской дифракции и электронной микроскопии - Б-413. Набор демонстрационных моделей кристаллических решеток.