

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 30.01.2023 16:41:18

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98ac3de2ab454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Атомно-кристаллическая структура твердых фаз

Закреплена за подразделением

Кафедра физического материаловедения

Направление подготовки

03.04.02 ФИЗИКА

Профиль

Физика конденсированного состояния

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

5 ЗЕТ

Часов по учебному плану

180

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 1

аудиторные занятия

34

самостоятельная работа

110

часов на контроль

36

Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>) | 1 (1.1) | | Итого | |
|---|---------|-----|-------|-----|
| | УП | РП | УП | РП |
| Неделя | 18 | | | |
| Вид занятий | УП | РП | УП | РП |
| Лекции | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Практические | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Итого ауд. | 34 | 34 | 34 | 34 |
| Контактная работа | 34 | 34 | 34 | 34 |
| Сам. работа | 110 | 110 | 110 | 110 |
| Часы на контроль | 36 | 36 | 36 | 36 |
| Итого | 180 | 180 | 180 | 180 |

Программу составил(и):

ктн, доцент, Щетинин Игорь Викторович

Рабочая программа

Атомно-кристаллическая структура твердых фаз

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 03.04.02 ФИЗИКА (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

03.04.02 ФИЗИКА, 03.04.02-МФ3-22-1.plx Физика конденсированного состояния, утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

03.04.02 ФИЗИКА, Физика конденсированного состояния, утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра физического материаловедения

Протокол от 11.04.2022 г., №8-04

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 |
|------------|--|------|
| 2.1 | Требования к предварительной подготовке обучающегося: | |
| 2.2 | Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее: | |
| 2.2.1 | Методы исследования материалов | |
| 2.2.2 | Неравновесные конденсированные системы (II) | |
| 2.2.3 | Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности. Научно-исследовательская практика | |
| 2.2.4 | Системы накопления и хранения электрической энергии | |
| 2.2.5 | Технологии получения материалов | |
| 2.2.6 | Экспериментальные методы физики твердого тела | |
| 2.2.7 | История и методология физики | |
| 2.2.8 | Наночастицы и наноматериалы | |
| 2.2.9 | Термодинамическое моделирование химических процессов в многокомпонентных гетерогенных системах | |
| 2.2.10 | Электронные свойства неравновесных материалов | |
| 2.2.11 | Научно-педагогическая практика | |
| 2.2.12 | Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы | |
| 2.2.13 | Динамика решетки и электрон-фононное взаимодействие в твердых телах | |
| 2.2.14 | Дифракционные и спектроскопические методы исследования твердых тел | |
| 2.2.15 | Информационно-аналитические системы в материаловедении | |
| 2.2.16 | Физика магнитных явлений. Часть 1. Основы магнетизма | |
| 2.2.17 | Физика магнитных явлений. Часть 2. Магнетизм веществ | |
| 2.2.18 | Физические методы исследований | |
| 2.2.19 | Инженерия поверхности | |
| 2.2.20 | Радиационная обработка поверхности | |
| 2.2.21 | Тонкопленочные материалы | |
| 2.2.22 | Физика дифракции | |
| 2.2.23 | Экспериментальные методы в физике магнетизма | |
| 2.2.24 | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы | |

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

| |
|--|
| ПК-3: Способен проводить математические расчеты в рамках классических или разрабатываемых новых физических моделей процессов в области физики конденсированного состояния |
| Знать: |
| ПК-3-31 основные методы экспериментальных исследований структуры |
| ОПК-2: Способен в сфере своей профессиональной деятельности осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования, организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность для поиска, выработки и принятия решений в области физики, демонстрировать продвинутые навыки работы в лабораториях / мастерских, способность разрабатывать и проводить экспериментальные исследования, критически оценивать данные и делать выводы |
| Знать: |
| ОПК-2-31 основные законы и явления, объясняющие закономерности фазовых превращений; |
| ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания в области физики, знания в междисциплинарных областях для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности |
| Знать: |

| |
|--|
| ОПК-1-31 влияние различных факторов на структуру и уровень свойств твердых тел; |
| ПК-3: Способен проводить математические расчеты в рамках классических или разрабатываемых новых физических моделей процессов в области физики конденсированного состояния |
| Уметь: |
| ПК-3-У1 использовать полученные знания для прогнозирования и анализа влияния изменений химического состава, температуры, а также условий проведения термической обработки на структуру и свойства материалов; |
| ОПК-2: Способен в сфере своей профессиональной деятельности осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования, организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность для поиска, выработки и принятия решений в области физики, демонстрировать продвинутые навыки работы в лабораториях / мастерских, способность разрабатывать и проводить экспериментальные исследования, критически оценивать данные и делать выводы |
| Уметь: |
| ОПК-2-У2 анализировать информацию о фазовых превращениях; |
| ОПК-2-У1 исследовать макро- и микроструктуру; |
| ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания в области физики, знания в междисциплинарных областях для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности |
| Уметь: |
| ОПК-1-У1 решать задачи профессиональной деятельности при выполнении структурных исследований; |
| ПК-3: Способен проводить математические расчеты в рамках классических или разрабатываемых новых физических моделей процессов в области физики конденсированного состояния |
| Владеть: |
| ПК-3-В1 практическими навыками проведения структурных исследований. |
| ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания в области физики, знания в междисциплинарных областях для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности |
| Владеть: |
| ОПК-1-В1 давать оценку вклада различных факторов в формирование структуры; |
| ОПК-1-В2 опытом практического применения методов и обработки и анализа экспериментальной информации о структуре; |
| ОПК-2: Способен в сфере своей профессиональной деятельности осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования, организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность для поиска, выработки и принятия решений в области физики, демонстрировать продвинутые навыки работы в лабораториях / мастерских, способность разрабатывать и проводить экспериментальные исследования, критически оценивать данные и делать выводы |
| Владеть: |
| ОПК-2-В1 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/ | 1 | 2 | ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-2-31 ОПК-2-У2 ОПК-2-В1 | Л1.1 Л1.1Л2.5Л3. 1 Э4 | | КМ1 | |
| 1.2 | Кристаллическая структура твердых растворов. Термодинамическое описание. Энергия смешения и анализ диаграмм состояния. Теория ограниченной растворимости элементов II-V групп в металлах группы меди. Теория Джонса-Конобеевского. /Лек/ | 1 | 2 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-2-31 ОПК-2-У2 ОПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 | Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.3 Л2.5 Э4 | | КМ1 | |
| 1.3 | Атомное упорядочение. Сверхструктуры на основе ГЦК и ОЦК решеток. Дальний и ближний порядок. Температурная зависимость степени порядка. /Лек/ | 1 | 2 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-2-31 ОПК-2-У2 ОПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 | Л1.1 Л1.1Л2.1 Э4 | | КМ1 | |
| 1.4 | Расчет энергии Маделунга. Системы атомных, ионных и ковалентных радиусов. Оценка преобладающего характера химической связи /Пр/ | 1 | 2 | ОПК-1-31 ОПК-2-31 ОПК-2-У2 ОПК-2-В1 | Л3.1Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 | | КМ1 | |
| 1.5 | Концентрационные зависимости периодов решетки твердых растворов. Определение типа твердого раствора /Пр/ | 1 | 2 | ОПК-2-31 ОПК-2-У2 ОПК-2-В1 | Л1.1 Л1.1Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 | | КМ1 | |
| 1.6 | Расчеты энергии смешения и анализ диаграмм состояния /Пр/ | 1 | 2 | ОПК-2-31 ОПК-2-У2 ОПК-2-В1 | Л1.1 Л1.1Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 | | КМ1 | |
| 1.7 | Основные типы сверхструктур /Пр/ | 1 | 2 | ОПК-2-31 ОПК-2-У2 ОПК-2-В1 | Л1.1 Л1.1 Л3.1Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 | | КМ1 | |
| 1.8 | Домашнее задание №1: Твердые растворы /Ср/ | 1 | 40 | ОПК-2-31 ОПК-2-У2 ОПК-2-В1 | Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л3.1Л2.5 Э1 Э2 | | КМ1 | |

| | | | | | | | | |
|-----|--|---|----|--|--|--|-----|--|
| 1.9 | Подготовка к практическим занятиям по разделу Классификация конденсированных сред /Ср/ | 1 | 6 | ОПК-2-31 | Л1.1Л2.5 | | | |
| | 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/ | 1 | 2 | ОПК-1-31 ОПК-1-В1 ОПК-2-31 ОПК-2-У2 ОПК-2-В1 ПК-3-У1 | Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.3 Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 | | КМ1 | |
| 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/ | 1 | 2 | ОПК-1-В1 ОПК-2-31 ОПК-2-У2 ОПК-2-В1 ПК-3-У1 | Л1.1 Л1.1Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 | | КМ1 | |
| 2.3 | Фазы с решеткой типа NiAs и родственные им соединения. Полупроводники с алмазоподобной решеткой. Ионные кристаллы. Соединения металлов с неметаллами. Фазы внедрения /Лек/ | 1 | 2 | ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ОПК-2-31 ОПК-2-У2 ОПК-2-В1 | Л1.1 Л1.1Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 | | КМ1 | |
| 2.4 | Кристаллические структуры конденсированных фаз (работа с моделями). Интерметаллические фазы /Пр/ | 1 | 4 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В2 ОПК-2-31 ОПК-2-У2 ОПК-2-В1 | Л1.1 Л1.1 Л3.1 Л1.1Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 | | КМ1 | |
| 2.5 | Соединения металлов с неметаллами (работа с моделями) /Пр/ | 1 | 3 | ОПК-2-31 ОПК-2-У2 ОПК-2-В1 | Л1.1 Л1.1 Л3.1Л2.1 Э1 Э2 Э3 Э4 | | КМ1 | |
| 2.6 | Домашнее задание №2: Промежуточные фазы /Ср/ | 1 | 34 | ОПК-2-31 ОПК-2-У2 ОПК-2-В1 | Л1.1 Л1.1 Л3.1 Л1.1Л2.5 Э1 Э2 | | | |
| 2.7 | Подготовка к практическим занятиям по разделу Атомная структура промежуточных фаз. /Ср/ | 1 | 6 | ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-1-31 | Л1.1 Л1.1Л2.5Л3.1 Э3 | | | |
| | Раздел 3. Структура расплавов и твердых аморфных тел, квазикристаллы и нанокристаллическое состояние твердых тел | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|-----|--|---|----|--|--|--|-----|--|
| 3.1 | Кристаллизация как фазовый переход I-го рода. Кристаллизация чистых веществ. Термодинамика, кинетика, механизмы зарождения и роста кристаллов. Особенности кристаллизации расплавов. Затвердевание при высоких скоростях охлаждения. Структура расплавленных металлов и сплавов. Аморфное состояние. /Лек/ | 1 | 3 | ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-У2 ОПК-2-В1 | Л1.1 Л1.1Л1.1 Э1 Э2 Э3 Э4 | | КМ1 | |
| 3.2 | Квазикристаллические фазы. Атомная структура, морфология и некоторые свойства высокодисперсных частиц и тонких пленок. Нанокристаллическое состояния /Лек/ | 1 | 2 | ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-У2 ОПК-2-В1 | Л1.1Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 | | КМ1 | |
| 3.3 | Кинетика кристаллизации. Анализ уравнения Колмогорова-Авраами /Пр/ | 1 | 2 | ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-У2 ОПК-2-В1 | Л1.1 Л1.1Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 | | КМ1 | |
| 3.4 | Подготовка к практическому занятию по разделу Структура расплавов и твердых аморфных тел /Ср/ | 1 | 3 | ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-1-У1 | Л1.1 Л1.1 Л1.1 Э1 | | | |
| 3.5 | Подготовка к экзамену по курсу /Ср/ | 1 | 21 | ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-У2 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ПК -3-31 ПК-3-У1 | Л2.1 Л2.3 Л2.5Л1.1 Л1.1 Л1.1Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4 | | | |

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 по курсу | ОПК-2-У1;ОПК-2-У2;ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ПК-3-31;ПК-3-У1 | <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): $F(\square) = (Nu_0/8)(1-\square^2) + (1/2)kNT[(1+\square)\ln(1+\square) + (1-\square)\ln(1-\square)] - 2ln2$</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</p> |

| | | |
|--|--|--|
| | | <p>элемента В. Опишите-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, n_A, n_B) и периода решетки a от концентрации растворяемого элемента В. Опишите входящие в эти выражения символы</p> <p>7. Приведите графическую зависимость числа атомов в элементарной ячейке твердого раствора вычитания В в А (n, n_A, n_B) 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, электроотрицательность, кристаллическая структура) обсудить возможность образования твердых растворов на основе компонентов, спрогнозировать протяженность концентрационных областей и тип твердого раствора.*</p> <p>9. Опишите основные сверхструктуры на основе ГЦК решетки. Определите-те возможность фазового перехода II рода при образовании упорядоченного твердого раствора типа Cu₃Au на основе ГЦК решетки (ответ должен включать аргументацию). *</p> <p>10. Выбрать звезду векторов обратной решетки и определить возможность фазового перехода II рода при упорядочении по типа CuPt*</p> <p>11. Определить атомные объемы ($V_{ат}$) для Fe в модификации \square и \square', используя значения периодов решетки. Обсудить полученные значения.*</p> <p>12. Указать знак энергии смешения Au-Ni по виду диаграммы состояния*</p> <p>13. Указать знак энергии смешения Fe-Mo по виду диаграммы состояния*</p> <p>14. На схеме диаграммы фазового равновесия показать для сверхструктуры типа АВ реакцию упорядочения, имея в виду принципиальную возможность фазового перехода второго рода и область концентраций, включающих наряду со сплавами, близкими к стехиометрическому составу, сплавы существенно нестехиометрические</p> <p>15. Опишите два основных типа химического ближнего порядка в металлических 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, упорядоченного по типу В₂, и проанализировать его: $\square U(\square) = (Nu_0/8)(1 - \square^2)$ Показать графически зависимости \square и \square' 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 переход I и II рода. В чем отличия атомного механизма упорядочения, протекающего, соответственно, как фазовый переход I и II рода?</p> <p>18. Опишите фазы, образование которых определяется фактором электронной концентрации. Приведите примеры.</p> <p>19. Опишите фазы, образование которых определяется размерным фактором. 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 различных модификаций фаз Лавеса. Каковы возможные причины формирования той или иной модификации фаз 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 положение 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 концентрации 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 краткое определение тела с кристаллической (квазикристаллической, аморфной, нанокристаллической) структурой. Как будет выглядеть рентгенограмма данного тела?</p> <p>26. Приведите графики функций $N(r)$ и $G(r)$, характеризующих радиальное распределение атомов в аморфных веществах, и опишите предельные 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, 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> |
|--|--|--|--|

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 | Расчет энергии Маделунга. Системы атомных, ионных и ковалентных радиусов. Оценка преобладающего характера химической связи | ОПК-2-31; ОПК-1-У1 | Расчет энергии Маделунга. Определение устойчивости ионных соединений. |
| P2 | Концентрационные зависимости периодов решетки твердых растворов. Определение типа твердого раствора | ОПК-1-У1; ОПК-2-31 | Концентрационные зависимости периодов решетки твердых растворов. Определение типа твердого раствора. |

| | | | |
|----|--|--|--|
| P3 | Расчеты энергии смешения и анализ диаграмм состояния. | ОПК-2-31;ОПК-1-31 | Расчеты энергии смешения и анализ диаграмм состояния. |
| P4 | Основные типы сверхструктур | ОПК-2-31;ОПК-2-У1;ОПК-1-31 | Знакомство и разбор основных сверхструктур. |
| P5 | Домашнее задание №1: Твердые растворы | ОПК-2-В1;ОПК-2-31;ОПК-2-У2 | Анализ диаграмм состояния и растворимости компонентов. |
| P6 | Кристаллические структуры конденсированных фаз | ОПК-2-У2;ОПК-1-31 | Знакомство и разбор основных интерметаллических соединений. |
| P7 | Соединения металлов с неметаллами | ОПК-2-У1;ОПК-2-У2;ОПК-2-В1 | Знакомство и разбор основных соединений металл-неметалл. |
| P8 | Домашнее задание №2: Промежуточные фазы | ОПК-2-31;ОПК-2-У2;ОПК-2-В1;ПК-3-В1;ПК-3-31 | Анализ диаграмм состояния и разбор структуры основных промежуточных фаз. |
| P9 | Кинетика кристаллизации. Анализ уравнения Колмогорова-Авраами. | ПК-3-31;ОПК-1-31 | Кинетика кристаллизации. Анализ уравнения Колмогорова-Авраами. |

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

Экзаменационный билет состоит из трех теоретических вопросов и задачи.

Типовые вопросы экзамена приведены в вопросах самоподготовки.

Пример экзаменационного билета - в приложении.

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

Шкала оценивания знаний обучающихся:

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 или некорректные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

Оценка «не явка»

- студент не явился на экзамен

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|------|--------------------------------|--|------------------------|-------------------|
| Л1.1 | Ягодкин Ю. Д., Свиридова Т. А. | 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 |

| 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.: Metallurgia, 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.: Metallurgia, 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 | 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 |
| Л2.5 | Скаков Ю. А., Чириков Н. В., Ягодкин Ю. Д., Свиридова Т. А. | Физика конденсированного состояния: Справочные материалы для студ. спец. 0708, 0709, 510.403, 510411 | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 2000 |
| Л2.6 | Скаков Ю. А. | 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 |
| 6.1.3. Методические разработки | | | | |
| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
| Л3.1 | Дьяконова Н. П., Расторгуев Л. Н., Скаков Ю. А., Скаков Ю. А. | 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 |
| 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/ | |
| Э3 | База данных кристаллических структур | | crystallography.net/cod/ | |
| Э4 | Многофункциональная компьютерная тренинговая система «Кристаллохимический анализ структуры материалов» | | http://handbook.tmweb.ru/ | |
| 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 | наукометрическая система InCites | https://apps.webofknowledge.com | | |
| И.2 | Springermaterials | https://materials.springer.com/ | | |
| И.3 | International Centre for Diffraction Data | http://www.icdd.com/ | | |

| 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ | | |
|---|---|--|
| Ауд. | Назначение | Оснащение |
| Б-413 | Учебный комплекс по структурной диагностике и материаловедческой экспертизе неорганических материалов методами рентгеновской дифракции и электронной микроскопии: | проектор; мультимедийная доска; маркерная доска, документ-камера; компьютер преподавателя; компьютерный класс на 14 компьютеров, пакет лицензионных программ MS Office, 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. |
| Б-413 | Учебный комплекс по структурной диагностике и материаловедческой экспертизе неорганических материалов методами рентгеновской дифракции и электронной микроскопии: | проектор; мультимедийная доска; маркерная доска, документ-камера; компьютер преподавателя; компьютерный класс на 14 компьютеров, пакет лицензионных программ MS Office, комплект учебной мебели |

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.