

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 28.08.2023 12:50:40

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)

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

74

часов на контроль

72

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	74	74	74	74
Часы на контроль	72	72	72	72
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-МФ3-23-1.plx Физика конденсированного состояния, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

03.04.02 ФИЗИКА, Физика конденсированного состояния, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра физического материаловедения

Протокол от 18.04.2023 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	Динамика решетки и электрон-фононное взаимодействие в твердых телах	
2.2.2	Дифракционные и спектроскопические методы исследования твердых тел	
2.2.3	Информационно-аналитические системы в материаловедении	
2.2.4	Методы исследования материалов	
2.2.5	Неравновесные конденсированные системы часть 2	
2.2.6	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности. Научно-исследовательская практика	
2.2.7	Системы накопления и хранения электрической энергии	
2.2.8	Технологии получения материалов	
2.2.9	Физика магнитных явлений. Часть 1. Основы магнетизма	
2.2.10	Физика магнитных явлений. Часть 2. Магнетизм веществ	
2.2.11	Физические методы исследований	
2.2.12	Экспериментальные методы физики твердого тела	
2.2.13	Инженерия поверхности	
2.2.14	История и методология физики	
2.2.15	Наночастицы и наноматериалы	
2.2.16	Радиационная обработка поверхности	
2.2.17	Термодинамическое моделирование химических процессов в многокомпонентных гетерогенных системах	
2.2.18	Тонкопленочные материалы	
2.2.19	Физика дифракции	
2.2.20	Экспериментальные методы в физике магнетизма	
2.2.21	Электронные свойства неравновесных материалов	
2.2.22	Научно-педагогическая практика	
2.2.23	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.24	Преддипломная практика для выполнения 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 продвинутое 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 продвинутое 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	11	ОПК-2-31 ОПК-2-У2 ОПК-2-В1	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л3.1Л2.5 Э1 Э2			

1.9	Подготовка к практическим занятиям по разделу Классификация конденсированных сред /Ср/	1	10	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	14	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	14	ОПК-1-31 ОПК-2-31 ОПК-2-У1	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 состояние /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	4	ОПК-1-У1 ОПК-2-31 ОПК-2-У1	Л1.1 Л1.1 Л1.1 Э1			
3.5	Подготовка к экзамену по курсу /Ср/	1	21	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-У2 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 Fe_6Mo_7. 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	Учебная аудитория	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	Учебная аудитория	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.