

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Крюков Вадим Николаевич
Должность: Проректор по образовательной деятельности и молодежной политике
Дата подписания: 15.06.2026 10:51:27
Уникальный программный ключ:
1b0adb7fd710f6a0705d90c58682bd0c5f2f25b2

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Заплярный государственный университет им. Н. М. Федоровского»
ЗГУ

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине**

«Кристаллохимия»

Факультет: ГТФ

Направление подготовки: 22.03.02 «Металлургия»

Направленность (профиль): «Прогрессивные методы получения цветных металлов»

Уровень образования: бакалавриат

Кафедра «Металлургии, машин и оборудования»
наименование кафедры

Разработчик ФОС:

К.с-х.н., доцент

(должность, степень, ученое звание)

(подпись)

Носова О.В.

(ФИО)

Оценочные материалы по дисциплине рассмотрены и одобрены на заседании кафедры ММиО, протокол № 11 от 10.06.2026

И.о. заведующего кафедрой к.т.н., доцент Е.В. Лаговская

Фонд оценочных средств по дисциплине Кристаллохимия разработан для текущей/промежуточной аттестации разработан в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 22.03.02 Metallургия на основе Рабочей программы дисциплины Кристаллохимия, Положения о формировании Фонда оценочных средств по дисциплине (ФОС), Положения о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ЗГУ, Положения о государственной итоговой аттестации (ГИА) выпускников по образовательным программам высшего образования в ЗГУ им. Н.М. Федоровского.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Код компетенции: ПК-3 **Содержание:** Использует физико-химическую сущность процессов при производстве цветных металлов. **Индикатор достижения:** ПК-3.1. Применяет знания о термодинамических и кинетических факторах, влияющих на протекание металлургического процесса, в том числе о структурных особенностях материалов.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать: основные законы кристаллохимии; типы химической связи в кристаллах; 14 типов решеток Браве и 32 класса симметрии; понятия полиморфизма, изоморфизма и политипизма; природу дефектов кристаллической решетки (точечные, линейные, поверхностные).

Уметь: определять тип кристаллической решетки и координационное число для основных металлов и их соединений; анализировать влияние легирования на параметры решетки (образование твердых растворов); прогнозировать полиморфные превращения при нагреве и охлаждении металлургической продукции.

Владеть: навыками описания атомного строения кристаллов; методами расчета плотности упаковки атомов в решетке; приемами оценки устойчивости структурных типов по правилам Полинга и Гольдшмидта.

2. Паспорт фонда оценочных средств

Раздел 1. Введение. Свойства атомов и ионов. Поляризуемость и кислотно-основные свойства.

- Формируемая компетенция: ПК-3
- Оценочные средства: Конспект, тестовые задания.
- Показатели оценки: Наличие конспекта, успешное решение теста.

Раздел 2. Силы и энергия сцепления атомов в кристалле. Ионная, ковалентная и металлическая связь.

- Формируемая компетенция: ПК-3
- Оценочные средства: Тестовые задания, расчетные задачи.
- Показатели оценки: Понимание зонной теории, расчет энергии решетки.

Раздел 3. Пространственная решетка. 14 типов ячеек Браве. Пространственные группы симметрии.

- Формируемая компетенция: ПК-3
- Оценочные средства: Собеседование, тестовые задания.
- Показатели оценки: Умение определять сингонию и элементы симметрии.

Раздел 4. Структурный тип, изоструктурность, изоморфизм. Правила Гольдшмидта и Полинга.

- Формируемая компетенция: ПК-3
- Оценочные средства: Тестовые задания, ситуационные кейсы.
- Показатели оценки: Анализ условий образования твердых растворов замещения и внедрения.

Раздел 5. Полиморфизм и политипизм. Дефекты кристаллической решетки.

- Формируемая компетенция: ПК-3
- Оценочные средства: Тестовые задания, реферат.
- Показатели оценки: Понимание влияния дефектов на механические и физические свойства металлов.

Промежуточная аттестация (Зачет с оценкой).

- Оценочные средства: Комплексный тест и решение ситуационной задачи.

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания (Технологическая карта)

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой. **Сроки выполнения:** В течение обучения по дисциплине.

Шкала оценивания и критерии (процент от максимальной суммы баллов):

- **0 – 64 %** – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень, дисциплина не освоена).
- **65 – 74 %** – «удовлетворительно» (пороговый минимальный уровень, есть неточности в терминах).
- **75 – 84 %** – «хорошо» (средний уровень, уверенное владение материалом).
- **85 – 100 %** – «отлично» (высокий уровень, глубокое понимание структурных закономерностей).

Критерии оценки текущих заданий:

- **Тест:** 1 балл за каждый верный ответ.
- **Кейс:** до 15 баллов за глубокое понимание связи «структура – свойство» в металлургических материалах.

4. Типовые контрольные задания (Тестовые задания)

Ниже приведен *Вариант 1* (25 вопросов). Полный банк заданий (*Варианты 2-5*) хранится на кафедре.

Вариант 1

1. Кристаллохимия – это наука, изучающая: А) только внешнюю форму кристаллов; Б) связь между химическим составом, атомным строением и свойствами кристаллических веществ; В) процессы роста кристаллов из растворов; Г) только оптические свойства минералов.
2. Сколько типов элементарных ячеек Браве существует в трехмерном пространстве? А) 7; Б) 14; В) 32; Г) 230.
3. Координационное число атома в гранцентрированной кубической (ГЦК) решетке равно: А) 6; Б) 8; В) 12; Г) 4.
4. Явление существования вещества в нескольких кристаллических модификациях, переходящих друг в друга при изменении температуры или давления, называется: А) изоморфизмом; Б) полиморфизмом; В) политипизмом; Г) анизотропией.
5. Способность различных веществ образовывать смешанные кристаллы (твердые растворы) при сохранении общего типа кристаллической решетки называется: А) изоморфизмом; Б) полиморфизмом; В) гомеотипией; Г) морфотропией.
6. Какой тип химической связи характеризуется наличием «электронного газа» из обобществленных валентных электронов? А) Ионная; Б) Ковалентная; В) Металлическая; Г) Ван-дер-ваальсова.
7. Коэффициент компактности (плотность упаковки) для объемно-центрированной кубической (ОЦК) решетки составляет приблизительно: А) 0,52; Б) 0,68; В) 0,74; Г) 0,34.
8. Точечные дефекты кристаллической решетки, представляющие собой отсутствие атома в узле решетки, называются: А) дислокациями; Б) вакансиями; В) границами зерен; Г) межузельными атомами.
9. Согласно первому правилу Полинга, вокруг каждого катиона образуется координационный многогранник из анионов, радиус которого определяется: А) только зарядом катиона; Б) отношением радиусов катиона и аниона; В) температурой кристаллизации; Г) давлением.
10. Железо при комнатной температуре (альфа-железо) имеет кристаллическую решетку типа: А) ГЦК; Б) ОЦК; В) ГПУ (гексагональная плотноупакованная); Г) ромбоэдрическая.
11. Анизотропия кристаллов – это: А) одинаковость свойств во всех направлениях; Б) различие физических свойств в зависимости от направления в кристалле; В) способность кристалла самопроизвольно ограняться; Г) наличие примесей в решетке.
12. Индексы Миллера используются для обозначения: А) химических элементов в формуле; Б) кристаллографических плоскостей и направлений; В) типов точечных групп симметрии; Г) температур фазовых переходов.

13. Твердые растворы внедрения чаще всего образуются, когда атомы растворенного вещества имеют: А) такой же размер, как атомы растворителя; Б) значительно меньший размер, чем атомы растворителя; В) значительно больший размер; Г) противоположный заряд.
14. Линейные дефекты кристаллической решетки, определяющие пластичность металлов, называются: А) вакансиями; Б) дислокациями; В) порами; Г) границами двойникования.
15. Зонная теория твердого тела объясняет электропроводность металлов наличием: А) полностью заполненной валентной зоны и широкой запрещенной зоны; Б) частично заполненной зоны проводимости или перекрытия валентной зоны и зоны проводимости; В) локализованных электронных пар; Г) ионной проводимости.
16. Какое из следующих соединений имеет структурный тип хлорида натрия (NaCl)? А) Алмаз (C); Б) Оксид магния (MgO); В) Графит; Г) Кварц (SiO₂).
17. Политипизм – это частный случай полиморфизма, при котором модификации различаются: А) только химическим составом; Б) только порядком чередования одинаковых слоев в структуре; В) только плотностью; Г) только цветом.
18. При легировании меди никелем образуется непрерывный ряд твердых растворов замещения, потому что: А) Cu и Ni имеют одинаковую валентность, близкие атомные радиусы и одинаковый тип решетки (ГЦК); Б) Cu и Ni имеют разные типы решеток; В) Ni значительно меньше Cu по размеру; Г) они образуют интерметаллиды.
19. Правило Гольдшмидта для изоморфного замещения гласит, что разница в ионных радиусах заменяющих друг друга ионов не должна превышать: А) 1–2 %; Б) 10–15 %; В) 30–40 %; Г) 50 %.
20. Какой дефект решетки возникает при внедрении чужеродного атома в междоузлие основной решетки? А) Вакансия по Шоттки; Б) Дефект внедрения; В) Краевая дислокация; Г) Граница зерна.
21. Элементарная ячейка, в которой атомы расположены в вершинах куба и в центре каждой его грани, называется: А) Примитивной кубической; Б) Объемно-центрированной кубической; В) Гранецентрированной кубической; Г) Гексагональной.
22. Спайность минералов и металлов напрямую связана с: А) наличием примесей; Б) анизотропией прочности межатомных связей в разных направлениях решетки; В) температурой плавления; Г) цветом вещества.
23. Переход белого олова (β -Sn, тетрагональное) в серое олово (α -Sn, кубическое) при низких температурах («оловянная чума») является примером: А) изоморфизма; Б) полиморфного превращения; В) образования твердого раствора; Г) аморфизации.
24. Металлическое стекло (аморфный металл) отличается от кристаллического металла тем, что оно: А) имеет дальний порядок в расположении атомов; Б) обладает только ближним порядком и не имеет кристаллической решетки; В) всегда является диэлектриком; Г) не содержит атомов металла.
25. Увеличение концентрации точечных дефектов (вакансий) в металле при нагреве приводит к: А) резкому увеличению его прочности; Б) увеличению электросопротивления и ускорению диффузионных процессов; В) уменьшению объема образца; Г) переходу в сверхпроводящее состояние.

5. Задания повышенного уровня сложности (Аналитический и эвристический уровень)

Блок А. Задания на установление соответствия

Задание 1. Установите соответствие между типом кристаллической решетки и характерным для него металлом (при комнатной температуре):

1. Гранецентрированная кубическая (ГЦК).
2. Объемно-центрированная кубическая (ОЦК).
3. Гексагональная плотноупакованная (ГПУ).

А) Железо (α -Fe), хром (Cr), вольфрам (W). Б) Медь (Cu), алюминий (Al), никель (Ni), золото (Au). В) Магний (Mg), цинк (Zn), титан (α -Ti), кобальт (Co).

Блок Б. Задания на установление правильной последовательности

Задание 2. Установите правильную последовательность этапов образования твердого раствора замещения при легировании металла:

1. Диффузия атомов легирующего элемента вглубь решетки основного металла.
2. Искажение кристаллической решетки из-за разницы в атомных радиусах.
3. Адсорбция атомов легирующего элемента на поверхности основного металла.
4. Замещение атомов основного металла в узлах решетки атомами легирующего элемента (при соблюдении правил изоморфизма).

Блок В. Ситуационные задачи (Кейсы для металлургов)

Кейс 1. Полиморфизм и внутренние напряжения в стали При термической обработке стальной детали происходит нагрев выше $911\text{ }^{\circ}\text{C}$, при котором ОЦК-решетка α -железа (феррита) превращается в ГЦК-решетку γ -железа (аустенита). При последующем быстром охлаждении (закалке) происходит обратное превращение, но с образованием метастабильной тетрагональной решетки мартенсита. *Вопросы:*

1. Как изменяется удельный объем (плотность упаковки) при переходе ГЦК \rightarrow ОЦК/тетрагональная решетка?
2. Почему быстрое охлаждение приводит к возникновению значительных внутренних напряжений и возможному короблению или растрескиванию детали?
3. Какую роль играют атомы углерода в искажении решетки при образовании мартенсита (твердый раствор внедрения)?

Кейс 2. Изоморфизм и твердорастворное упрочнение сплавов Инженер-металлург разрабатывает новый медный сплав для повышения его прочности без критической потери электропроводности. Он выбирает между добавлением цинка (образование латуни) и добавлением бериллия. Радиус атома $\text{Cu} = 0,128\text{ нм}$, $\text{Zn} = 0,133\text{ нм}$, $\text{Be} = 0,112\text{ нм}$. Оба элемента образуют с медью твердые растворы замещения. *Вопросы:*

1. Оцените, какой из легирующих элементов (Zn или Be) вызовет большее искажение кристаллической решетки меди, исходя из правил Гольдшмидта (разница радиусов).
2. Как это искажение решетки влияет на движение дислокаций и, следовательно, на предел текучести сплава (механизм твердорастворного упрочнения)?
3. Почему с ростом концентрации легирующего элемента в твердом растворе электропроводность сплава неизбежно падает?

6. Ключи и критерии оценивания

Ответы к тестовым заданиям (Вариант 1, 1-25): 1-Б; 2-Б; 3-В; 4-Б; 5-А; 6-В; 7-Б; 8-Б; 9-Б; 10-Б; 11-Б; 12-Б; 13-Б; 14-Б; 15-Б; 16-Б; 17-Б; 18-А; 19-Б; 20-Б; 21-В; 22-Б; 23-Б; 24-Б; 25-Б. (*Оценивание: 1 балл за каждый верный ответ. Максимум 25 баллов*).

Ответы к заданиям на соответствие и последовательность:

- **Задание 1:** 1-Б, 2-А, 3-В. (2 балла за полное соответствие, 1 балл за одну ошибку).
- **Задание 2:** Правильная последовательность: 3, 1, 4, 2. (2 балла за безупречную последовательность, 1 балл при сдвиге на один шаг).

Критерии оценивания Ситуационных задач (Кейсов): Максимум — 15 баллов за каждый кейс.

- **12-15 баллов (Отлично):** Студент демонстрирует глубокое понимание кристаллохимии металлов. В Кейсе 1 верно указывает, что ГЦК (коэфф. 0.74) плотнее ОЦК (0.68), поэтому при закалке (ГЦК \rightarrow тетрагональная с внедренным С) объем увеличивается, что и вызывает напряжения. Упоминает искажение решетки углеродом. В Кейсе 2 верно рассчитывает разницу радиусов (Be отличается от Cu сильнее, чем Zn), объясняет механизм торможения дислокаций (твердорастворное упрочнение) и рассеяние электронов на искажениях решетки как причину падения проводимости.
- **8-11 баллов (Хорошо):** Студент понимает суть процессов, правильно определяет типы решеток и фазовые превращения, но допускает неточности в объяснении механизма упрочнения или влияния дефектов на свойства.
- **5-7 баллов (Удовлетворительно):** Поверхностное понимание. Студент знает определения полиморфизма и изоморфизма, но не может связать их с макроскопическими свойствами (напряжения, прочность).
- **0-4 баллов (Неудовлетворительно):** Неверное понимание основ кристаллохимии, путаница в типах решеток и дефектов.