

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 16.06.2026 11:10:34  
Уникальный программный ключ:  
04c19ed8bb98f3b6cb77a486b9a878808522523



МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Факультет заочного и дистанционного обучения  
Кафедра современных образовательных технологий

Фонд оценочных средств по дисциплине «Фазовые равновесия и структурообразование»  
по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 1	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

**Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации  
по дисциплине (модулю)  
Фазовые равновесия и структурообразование**

Направление подготовки (специальность)  
**22.03.01 Материаловедение и технологии материалов**

Направленность (профиль)  
**Физико-химия процессов и материалов**

Присваиваемая квалификация  
**Бакалавр**

Форма обучения  
**Заочная**

Годы набора: **2026**

Челябинск 2026 г.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Факультет заочного и дистанционного обучения  
Кафедра современных образовательных технологий

Фонд оценочных средств по дисциплине «Фазовые равновесия и структурообразование»  
по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 2	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

## Содержание

1. Паспорт фонда оценочных средств
2. Перечень формируемых компетенций
  - 2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной
3. Содержание оценочных средств по дисциплине
  - 3.1. Виды оценочных средств
  - 3.2. Содержание оценочных средств
4. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации
  - 4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации
  - 4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств
  - 4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Факультет заочного и дистанционного обучения  
Кафедра современных образовательных технологий

Фонд оценочных средств по дисциплине «Фазовые равновесия и структурообразование»  
по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 3	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

## 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Направленность (профиль): Физико-химия процессов и материалов

Дисциплина: Фазовые равновесия и структурообразование

Год: 4

Форма промежуточной аттестации: зачет, экзамен

Система оценивания: оценивание результатов для зачета осуществляется по бинарной системе «зачтено – не зачтено», для экзамена – по пятибалльной системе.

## 2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ И ЭТАПЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

### 2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной

Изучение дисциплины «Фазовые равновесия и структурообразование» направлено на формирование следующих компетенций:

Коды компетенции и согласно ФГОС (ОПОП ВО)	Содержание компетенций согласно ФГОС (ОПОП ВО)	Индикаторы достижения компетенции согласно ОПОП	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3	4
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Выполняет поиск информации, определяет критерии системного анализа поставленных задач. УК-1.2. Использует критический анализ, систематизацию и обобщение информации для решения поставленных задач.	Для достижения УК-1.1: знать основные понятия, терминологию и закономерности структурообразования и фазовых превращений материалов Для достижения УК-1.2: уметь осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения задач исследования структуры и фазовых равновесий материалов Для достижения УК-1.2: владеть методами поиска и анализа информации при решении научно-



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ») Факультет заочного и дистанционного обучения Кафедра современных образовательных технологий

Фонд оценочных средств по дисциплине «Фазовые равновесия и структурообразование» по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 4

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

			исследовательских задач
ПК-1	Способен анализировать опыт ведущих организаций, организовывать проведение НИР по проектированию и разработке наноструктурированных композиционных материалов и внедрять результаты исследований в новые технологии	ПК-1.1: Знает основные требования к достижению технического уровня изделий из наноструктурированных композиционных материалов с учетом опыта ведущих организаций ПК-1.2: Умеет: анализировать имеющиеся литературные данные по взаимосвязи дисперсного состава и свойств наноструктурированных материалов; обеспечивать соблюдение требований стандартов, технических условий и нормативной документации на всех стадиях проектирования изделий из наноструктурированных композиционных материалов ПК-1.3: Владеет навыками формирования технических заданий на приобретение сырья и вспомогательных материалов для производства наноструктурированных композиционных материалов	Для достижения ПК-1.1: знать основные классы современных материалов, их свойства и области применения, принципы выбора материалов, основные технологические процессы производства и обработки материалов, особенности жизненного цикла материалов и изделий из них; закономерности структурообразования различных материалов; влияние дефектов кристаллической структуры на свойства материалов Для достижения ПК-1.2: уметь проводить комплексные исследования структуры и свойств наноструктурированных композиционных материалов Для достижения ПК-1.3: владеть навыками проведения комплексных исследований структуры и свойств наноструктурированных композиционных материалов и внедрения результатов исследований в новые технологии



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Факультет заочного и дистанционного обучения  
Кафедра современных образовательных технологий

Фонд оценочных средств по дисциплине «Фазовые равновесия и структурообразование»  
по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 5

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

### 3. СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### 3.1 Виды оценочных средств

№ п/п	Код компетенции/ планируемые результаты обучения	Контролируемые темы/ разделы	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Наименование оценочного средства на промежуточной аттестации/№ задания
1	<p>Для достижения УК-1.1: знать основные понятия, терминологию и закономерности структурообразования и фазовых превращений материалов</p> <p>Для достижения УК-1.2: уметь осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения задач исследования структуры и фазовых равновесий материалов</p> <p>Для достижения УК-1.2: владеть методами поиска и анализа информации при решении научно- исследовательских задач</p> <p>Для достижения ПК-1.1: знать основные классы современных материалов, их свойства и области применения, принципы выбора материалов, основные технологические процессы производства и обработки материалов, особенности жизненного цикла материалов и изделий из них; закономерности</p>	<p>Раздел 1. «Кристаллическая структура твердых тел».</p> <p>Раздел 5. «Формирование структуры металла при кристаллизации».</p> <p>Раздел 2. «Типы химических связей в твердых телах».</p> <p>Раздел 6. «Фазы в металлических сплавах».</p> <p>Раздел 3. «Дефекты кристаллической решетки. Точечные дефекты».</p> <p>Раздел 7. «Формирование структуры сплавов при кристаллизации».</p> <p>Раздел 4. «Основные типы дислокаций и их движение».</p> <p>Раздел 8. «Пластическая деформация и механические свойства»</p>	Контрольные задания	тестирование



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Факультет заочного и дистанционного обучения  
Кафедра современных образовательных технологий

Фонд оценочных средств по дисциплине «Фазовые равновесия и структурообразование»  
по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 6	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

структурообразования различных материалов; влияние дефектов кристаллической структуры на свойства материалов Для достижения ПК-1.2: уметь проводить комплексные исследования структуры и свойств наноструктурированных композиционных материалов Для достижения ПК-1.3: владеть навыками проведение комплексных исследований структуры и свойств наноструктурированных композиционных материалов и внедрения результатов исследований в новые технологии			
--	--	--	--

### 3.2 Содержание оценочных средств

#### Пример теста

№ п/п	Формулировка вопроса	Варианты ответов
<b>Раздел 1. Кристаллическая структура твердых тел</b>		
1	Векторы элементарных трансляций в кубической решетке...	1. все разные $a \neq b \neq c$ <b>2. все одинаковые <math>a = b = c</math></b> 3. $a = b \neq c$ 4. $a = 2b = 3c$
2	Углы между векторами элементарных трансляций для гексагональной решетки ...	1. все одинаковые $\alpha = \beta = \gamma$ <b>2. <math>\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ</math></b> 3. $\alpha = \beta = 60^\circ, \gamma = 90^\circ$ 4. $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
3	В базисе объемно-центрированной кубической решетки содержится... узла.	1. 8 2. 1 3. 4 <b>4. 2</b>



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Факультет заочного и дистанционного обучения  
Кафедра современных образовательных технологий

Фонд оценочных средств по дисциплине «Фазовые равновесия и структурообразование»  
по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 7

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

## Раздел 2. Типы химических связей в твердых телах

4	Ван-дер-ваальсовская связь является...	1. короткодействующей 2. прочной <b>3. дальнедействующей</b> 4. ядерной
5.	В кристаллах с металлическим типом связей валентные электроны распределены ...	<b>1. по объему кристалла</b> 2. локально около атомов 3. за пределами кристалла 4. так же как у изолированного атома
6	В кристаллах с ионным типом связей все атомы являются ... ионами.	1. только положительными <b>2. положительными и отрицательными</b> 3. только отрицательными 4. большими

## Раздел 3. Дефекты кристаллической решетки. Точечные дефекты

7	Точечными дефектами не являются ...	1. вакансии 2. межузельные атомы <b>3. дислокации</b> 4. примеси замещения
8	Концентрация точечных дефектов зависит от...	1. размера кристалла 2. типа решетки 3. солнечной активности <b>4. температуры</b>
9	Краудион – это ... сгущение в расположении атомов или ионов в кристалле.	1. двумерное <b>2. одномерное</b> 3. трехмерное 4. микроскопическое

## Раздел 4. Основные типы дислокаций и их движение

10	Наличие экстраплоскости свидетельствует о наличии ... дислокации.	<b>1. краевой</b> 2. винтовой 3. смешанной 4. точечной
11	Вектор Бюргерса не характеризует ...	1. энергию дислокации 2. деформацию сдвига 3. замыкание контура Бюргерса <b>4. концентрацию вакансий</b>
12	Плоскость скольжения винтовой дислокации... к вектору Бюргерса.	1. параллельна 2. ориентирована под углом 30° <b>3. перпендикулярна</b> 4. ориентирована под углом 60°

## Раздел 5. Формирование структуры металла при кристаллизации

13	Число степеней свободы для двухфазной двухкомпонентной системы равно...	1. 4 <b>2. 2</b> 3. 3 4. 1
----	---	-------------------------------------



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Факультет заочного и дистанционного обучения  
Кафедра современных образовательных технологий

Фонд оценочных средств по дисциплине «Фазовые равновесия и структурообразование»  
по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 8	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

14	Усадочные раковины формируются в ... части слитка.	<b>1. центральной</b> 2. поверхностной 3. нижней 4. краевой
15	Кристаллизация жидкости не начинается при наличии ...	1. переохлаждения 2. затравок 3. примесей <b>4. нагрева</b>
<b>Раздел 6. Фазы в металлических сплавах</b>		
16	Фазовая диаграмма обычно строится в координатах ...	1. давление-объем <b>2. температура-давление</b> 3. объем-температура 4. температура-светимость
17	На фазовой диаграмме однокомпонентной системы может быть точка, где одновременно существуют ... фазы.	1. 4 <b>2. 3</b> 3. 5 4. 7
18	Фазы в металлических сплавах не могут образовывать...	1. твердые растворы 2. химические соединения <b>3. бризеры</b> 4. гетерогенные структуры
<b>Раздел 7. Формирование структуры сплавов при кристаллизации</b>		
19	Выше линии ликвидуса на фазовой диаграмме находится ... фаза	1. твердая <b>2. жидкая</b> 3. $\alpha$ -фаза 4. $\gamma$ -фаза
20	Ниже линии солидуса на фазовой диаграмме находится ... фаза	<b>1. твердая</b> 2. жидкая 3. $\alpha$ -фаза 4. $\gamma$ -фаза
21	Эвтектическое превращение происходит при ... температуре	1. изменяющейся <b>2. постоянной</b> 3. высокой 4. низкой
<b>Раздел 8. Пластическая деформация и механические свойства</b>		
22	Разрушение материалов бывает ...	1. хрупким и быстрым 2. вязким и медленным <b>3. вязким и хрупким</b> 4. катастрофическим и плавным
23	Предел прочности это напряжение при котором происходит ... материала	1. упрочнение 2. сжатие 3. растяжение <b>4. разрушение</b>



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Факультет заочного и дистанционного обучения  
Кафедра современных образовательных технологий

Фонд оценочных средств по дисциплине «Фазовые равновесия и структурообразование»  
по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 9

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

24	Твердость определяют по размерам отпечатка при вдавливании ...	1. жидкости 2. микрометра <b>3. индентора</b> 4. спидометра
----	--	--

## Примеры контрольных заданий

### Часть I. Структурообразование

Практическое задание № 1 «Определение плотности дислокаций по электронно-микроскопическим изображениям»

Цель работы: научиться определять плотности дислокаций в металлах различными методами по электронно-микроскопическим изображениям.

Задача: найти плотность дислокаций двумя различными методами.

Оборудование: текстовый редактор LibreOffice Writer и табличный процессор LibreOffice Calc.

#### Порядок выполнения работы

1. Первый метод. На электронно-микроскопическом изображении (рис. 4-8) найти сумму длин всех дислокаций:

1.1. Для каждой дислокации найти длину  $a_i$  проекции по фотографии.

1.2. Рассчитать длину каждой дислокации как  $L_i = \sqrt{a_i^2 + h^2}$ , где  $h$  – толщина образца.

$$L = \sum_{i=1}^n L_i$$

1.3. Найти суммарную длину всех дислокаций как  $L = \sum_{i=1}^n L_i$ , где  $n$  – число дислокаций.

1.4. Длина дислокаций должна быть рассчитана в соответствии с увеличением фотографии.

1.5. Все результаты измерений и расчетов должны быть приведены в таблице.

1.6. Рассчитать объем образца как  $V = S \cdot h$ , где  $S$  – площадь поверхности образца на фотографии.

1.7. Определить плотность дислокаций по формуле  $\rho = L/V$ .

2. Второй метод:

2.1. Определить число точек ( $N$ ) выхода дислокаций на поверхность образца.

2.2. Рассчитать площадь поверхности образца  $S$  (площадь фотографии с учетом масштаба).

2.3. Рассчитать плотность дислокаций по формуле  $\rho = N/2S$ .

3. Сравнить численные значения плотностей дислокаций, найденных по первому и второму методам.

4. Обсудить полученные результаты (для каких материалов характерны найденные плотности дислокаций; при несовпадении плотностей дислокаций, рассчитанных по 1 и 2 методам, объяснить, почему наблюдается данная разница в плотностях дислокаций).

5. Сделать выводы и написать отчет.

#### Контрольные вопросы

1. Дать определение дефекта кристаллической структуры.



Версия документа - 1	стр. 10	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

2. Перечислите основные типы дефектов.
3. Дать определение дислокации.
4. Назовите основную геометрическую характеристику дислокаций.
5. На какие свойства кристалла могут влиять дислокации?

## Практическое задание № 2 «Моделирование движения краевых дислокаций в кристаллах»

Цель работы: изучить механизм пластической деформации кристаллических твердых тел.

Задача: создать программу, которая визуальнo моделирует движение краевой дислокации в двумерном кристалле.

Оборудование: среда программирования Pascal ABC, текстовый редактор LibreOffice Writer и табличный процессор LibreOffice Calc.

Порядок выполнения работы

1. Первая модель:

1.1. При помощи среды программирования Pascal ABC, создать на экране статическое изображение двумерного кристалла с простой кубической решеткой (атомы изображаются окружностями, связи между ближайшими атомами – отрезками).

1.2. Написать программу, которая сдвигает верхнюю половину кристалла (см. рис. 9) относительно нижней, неподвижной части кристалла. При этом при увеличении расстояния между атомами больше некоторого предельного значения связи разрываются. Когда расстояние между атомами становится меньше предельного значения, связи снова образуются.

1.3. В отчете о работе привести ряд последовательных изображений, иллюстрирующих процесс пластической деформации по данному модельному механизму.

2. Вторая модель:

2.1. Используя язык программирования Pascal, который может оперировать с графикой, создать на экране проекцию статического изображения кристалла с простой кубической решеткой (атомы необходимо изобразить окружностями, связи между атомами – отрезками).

2.2. Создать программу, которая приводит к образованию в кристалле краевой дислокации при приложении напряжений к верхней части кристалла. Краевая дислокация должна двигаться от одной стенки кристалла к другой. В результате кристалл должен пластически деформироваться. Процесс движения дислокации наглядно продемонстрирован на рис. 12.

2.3. В отчете о работе привести ряд последовательных изображений, иллюстрирующих процесс пластической деформации, по такому механизму.

3. Написать отчет по лабораторной работе, в котором обсудить результаты моделирования, а также выполнить оценки механических характеристик, которые должны были быть у кристаллов при пластических деформациях, по первому и второму механизмам.

Контрольные вопросы

1. Почему дислокацию считают линейным дефектом?
2. Чем отличается краевая дислокация от винтовой дислокации?
3. Как изменяется энергия атомов и силы межатомного взаимодействия плоскостей при смещении одной плоскости относительно другой?



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Факультет заочного и дистанционного обучения  
Кафедра современных образовательных технологий

Фонд оценочных средств по дисциплине «Фазовые равновесия и структурообразование»  
по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 11	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

4. Какова основная модель движения краевой дислокации в кристалле?

Практическое задание № 3 «Моделирование процессов диффузии примесей в кристаллах»

Цель работы: изучить механизм диффузионного переноса примесей в твердых телах с кристаллической структурой.

Задача: создать программу для исследования зависимости величины диффузионного потока примесей в кристалле в зависимости от его геометрических размеров.

Оборудование: среда программирования Pascal ABC, текстовый редактор LibreOffice Writer и табличный процессор LibreOffice Calc.

Порядок выполнения работы

1. Написать программу на языке программирования Pascal, моделирующую двумерный кристалл, имеющий бесконечные размеры в одном направлении и конечные в другом. Кристалл должен располагаться по центру экрана и делить экран пополам.
2. Ввести в модельный кристалл вакансии и написать программный код, отвечающий за тепловое хаотическое движение вакансий по экрану.
3. Написать подпрограмму, согласно которой газообразная примесь, располагающаяся с одной стороны кристалла, диффундирует через кристалл по механизму замещения вакансий так, чтобы контролировать количество атомов примеси, диффундирующих через кристалл, также как и время, за которое это произошло.
4. Исследовать зависимость величины диффузионного потока, который протекает за одинаковое время, от толщины кристалла.
5. Написать отчет и обсудить полученные результаты.

Контрольные вопросы

1. Что является причиной миграции точечных дефектов в объеме кристаллов.
2. Дать определение диффузии.
3. В чем заключается вакансионный механизм диффузии примесей в кристалле?
4. Могут ли атомы примеси диффундировать по междоузлиям быстрее, чем атомы основного металла, перемещающиеся с помощью вакансионного механизма?

## **Часть 2. Фазовые равновесия**

Практическое задание № 4 «Построение фазовых диаграмм бинарных систем с эвтектическими превращениями»

Цель работы: научиться строить фазовые диаграммы бинарных систем с эвтектическими превращениями.

Задача: построить фазовую диаграмму бинарной системы с эвтектическим превращением по термическим кривым, используя табличный процессор LibreOffice Calc.

Оборудование: текстовый редактор LibreOffice Writer и табличный процессор LibreOffice Calc.



Версия документа - 1	стр. 12	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

#### Порядок выполнения работы

1. По экспериментальным данным (см. следующий раздел «Варианты заданий») построить термические кривые бинарного сплава при различной концентрации компонентов.
2. Пользуясь построенными термическими кривыми и правилом фаз Гиббса, найти температуры начала и конца кристаллизации твердых растворов из расплава.
3. Используя найденные температуры, построить фазовую диаграмму двухкомпонентной системы с эвтектикой в координатах «концентрация-температура» согласно зависимости, изображенной на рис. 20.
4. Оформить отчет по лабораторной работе.

#### Контрольные вопросы

1. Дать определение диаграммы состояния (фазовой диаграммы).
2. Запишите правило фаз Гиббса для двухкомпонентной системы без учета газовой фазы.
3. Для чего используются методы термического анализа?
4. Каков вид фазовой диаграммы бинарной системы с эвтектикой?
5. Опишите процесс построения фазовой диаграммы двухкомпонентной системы при использовании кривых охлаждения.

#### Практическое задание № 5 «Построение фазовых диаграмм бинарных сплавов, в которых происходит перитектическое превращение»

Цель работы: научиться строить фазовые диаграммы бинарных систем с перитектическими превращениями.

Задача: построить фазовую диаграмму бинарной системы с перитектическим превращением по термическим кривым при использовании табличного процессора LibreOffice Calc.

Оборудование: текстовый редактор LibreOffice Writer и табличный процессор LibreOffice Calc.

#### Порядок выполнения работы

1. По экспериментальным данным (см. следующий раздел «Варианты заданий») построить термические кривые бинарного сплава при различной концентрации компонентов.
2. Пользуясь построенными термическими кривыми и правилом фаз Гиббса, найти температуры начала и конца кристаллизации твердых растворов из расплава.
3. Используя найденные температуры и стандартный вид диаграммы состояния двухкомпонентной системы с перитектическим превращением (рис. 21), построить фазовую диаграмму сплава в координатах «концентрация-температура».
4. Оформить отчет по лабораторной работе.

#### Контрольные вопросы

1. Опишите вид стандартной диаграммы состояния сплавов, образующих ограниченные твердые растворы и перитектику.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Факультет заочного и дистанционного обучения  
Кафедра современных образовательных технологий

Фонд оценочных средств по дисциплине «Фазовые равновесия и структурообразование»  
по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 13	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

2. Сколько фаз может существовать при перитектической температуре в двухкомпонентном сплаве?
3. Чем отличается перитектическое превращение от эвтектического?
4. Может ли в перитектической системе добавление компонента  $A$  к  $B$  повысить температуру начала и конца кристаллизации граничного  $\beta$  твердого раствора?

Практическое задание № 6 «Построение фазовых диаграмм двухкомпонентных сплавов, в которых образуются химические соединения»

Цель работы: научиться строить фазовые диаграммы двухкомпонентных систем, в которых образуются химические соединения.

Задача: построить фазовую диаграмму бинарной системы с образованием химического соединения по кривым охлаждения при использовании табличного процессора LibreOffice Calc.

Оборудование: текстовый редактор LibreOffice Writer и табличный процессор LibreOffice Calc.

Порядок выполнения работы

1. По экспериментальным данным (см. следующий раздел «Варианты заданий») построить термические кривые бинарной системы при различной концентрации компонентов.
2. Пользуясь построенными термическими кривыми и правилом фаз Гиббса, найти температуры начала и конца кристаллизации твердых растворов из расплава.
3. Используя найденные температуры, построить фазовую диаграмму двухкомпонентной системы с образованием устойчивого химического соединения в координатах «концентрация-температура».
4. Оформить отчет по лабораторной работе.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные отличия бинарной системы, в которой образуются химические соединения, от эвтектической и перитектической систем.
2. Опишите стандартный вид стандартной фазовой диаграммы двухкомпонентной системы с образованием устойчивого химического соединения.
3. В чем заключается различие между конгруэнтно и инконгруэнтно плавящимися химическими соединениями?

Практическое задание № 7 «Построение фазовых диаграмм трехкомпонентных сплавов»

Цель работы: научиться строить фазовые диаграммы трехкомпонентных систем.

Задача: построить сечения фазовой диаграммы трехкомпонентной системы по кривым охлаждения при использовании табличного процессора LibreOffice Calc.

Оборудование: текстовый редактор LibreOffice Writer и табличный процессор LibreOffice Calc.

Порядок выполнения работы



1. Построить три фазовые диаграммы бинарных систем ( $A : B$ ,  $A : C$ ,  $B : C$ ) с неограниченной растворимостью компонентов в твердом и жидком состояниях по термическим кривым (см. раздел «Варианты заданий»).
2. Построить сечение диаграммы трехкомпонентного сплава при постоянном соотношении концентрации фаз  $A : B$  как  $1 : 1$ .
3. Построить сечение диаграммы трехкомпонентного сплава при постоянной концентрации компонента  $C = 60 \%$ .
4. Оформить отчет по лабораторной работе.

#### Контрольные вопросы

1. Как определить концентрацию каждого компонента при использовании концентрационного треугольника?
2. Чем отличаются изотермические сечения тройной фазовой диаграммы от политермических сечений?

#### Практическое задание № 8 «Определение твердости материалов»

Цель работы: изучить методы определения твердости материалов.

Задачи работы:

1. изучить различные методики определения твердости материалов;
2. измерить твердость бинарных сплавов с различной концентрацией компонент;
3. построить график зависимости твердости от концентрационного состава сплава.

Оборудование: табличный процессор LibreOffice Calc и текстовый редактор LibreOffice Writer.

#### Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретический материал по различным методам определения твердости.
2. Ответить на контрольные вопросы по теоретическому материалу.
3. Выполнить измерения твердости медно-никелевых сплавов различной концентрации.
4. Построить график зависимости твердости сплава от концентрационного состава.
5. Выполнить анализ полученных результатов, объяснить полученную зависимость, сформулировать выводы.
6. Написать отчет по лабораторной работе.

#### Контрольные вопросы

1. Что называется твердостью материала?
2. Что такое шкала Мооса?
3. Дать определение твердости по Бринелю
4. Дать определение твердости по Роквеллу.
5. Что такое твердость по Виккерсу?
6. В чем отличие методов измерения твердости по Шору?
7. В каких случаях и почему следует применять различные методы измерения твердости?
8. Как измеряется микротвердость материалов?



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Факультет заочного и дистанционного обучения  
Кафедра современных образовательных технологий

Фонд оценочных средств по дисциплине «Фазовые равновесия и структурообразование»  
по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 15

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

## Контрольные задачи для практических занятий

1. Найти длину вектора элементарной трансляции в кристаллах алмаза, если кристаллическая решетка кубическая гранецентрированная, содержит 8 атомов, межатомное расстояние 1.54 А.
2. Рассчитать коэффициент упаковки для простой кубической решетки
3. Рассчитать коэффициент упаковки для простой кубической объемноцентрированной решетки
4. Рассчитать коэффициент упаковки для простой кубической гранецентрированной решетки
5. Найти постоянную Маделунга для линейной цепочки равноудаленных ионов с чередующимися зарядами.
6. Найти постоянную Маделунга для линейной цепочки равноудаленных ионов с чередующимися зарядами методом Эвьена.
7. Найти постоянную Маделунга для квадратной сетки ионов.
8. Найти постоянную Маделунга для первой ячейки Эвьена кристалла для NaCl.
9. В меди, закаленной с 600о С, содержится  $1.1 \cdot 10^{-5} \%$  ( ат. ) вакансий. Какую температуру закалки следует выбрать, чтобы концентрация порядка возросла на два порядка?
10. Оцените средние расстояния между равновесными вакансиями в алюминии при 27° С и между закалочными вакансиями при той же температуре после закалки с 627° С (при условии, что все высокотемпературные моновакансии «замораживаются» и распределены статистически равномерно).
11. Металл содержит 0.1% (ат.) равномерно распределенной примеси замещения. Определите среднее расстояние между примесными атомами в единицах периода г. ц. к. и о. ц. к. решетки.
12. Покажите с помощью построения, что вектор Бюргерса прямолинейной цепочки межузельных атомов, расположенной в направлении  $\langle 100 \rangle$  кубической решетки, равен нулю.
13. В образце алюминия после резкого охлаждения в воде появились дислокационные петли, число которых равно  $1 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ , а средний диаметр 30 нм. Оцените концентрацию вакансий при температуре, с которой охлаждался образец.
14. В медной фольге после ядерного облучения появились дислокационные петли, число которых составило  $10^{15} \text{ см}^{-3}$ , а средний диаметр равен 40 нм. Оцените концентрацию возникающих при облучении меди точечных дефектов, конденсация которых привела к образованию дислокационных петель.
15. Покажите с помощью схемы, что при скольжении призматической дислокационной петли, имевшей в исходном положении краевую ориентацию, могут появиться участки с винтовой ориентацией (допустите, что отдельные участки исходной петли неподвижны).
16. Оцените (в километрах) суммарную длину всех дислокаций в  $1 \text{ см}^3$  отожженного металла с плотностью дислокаций  $10^8 \text{ см}^{-2}$ .

## Типовые вопросы для подготовки к тестированию (зачет)

1. Основные типы межатомных связей в материалах



2. Ван-дер-ваальсовские связи
3. Равновесные постоянные решетки
4. Ионные кристаллы
5. Объемный модуль упругости
6. Ковалентные кристаллы
7. Металлические кристаллы
8. Кристаллы с водородными связями
9. Атомные радиусы
10. Дефекты кристаллической решетки
11. Классификация дефектов кристаллической решетки
12. Точечные дефекты
13. Термодинамика точечных дефектов
14. Миграция вакансий
15. Миграция межузельных атомов
16. Источники и стоки точечных дефектов
17. Вакансионные комплексы точечных дефектов
18. Комплексы собственный дефект - примесный атом
19. Закалка
20. Отжиг
21. Методы определения концентрации вакансий
22. Дислокации их классификация
23. Краевая дислокация
24. Скольжение краевой дислокации
25. Переползание краевой дислокации
26. Винтовая дислокация
27. Скольжение винтовой дислокации
28. Смешанная дислокация
29. Призматическая дислокация
28. Вектор Бюргерса.
29. Плотность дислокации
30. Методы выявления дислокации кристаллах
31. Метод ямок травления.
32. Трансмиссионная просвечивающая микроскопия (дислокации)
33. Энергия дислокаций.
34. Взаимодействие дислокаций
35. Образование дислокаций

### Типовые вопросы для подготовки к тестированию (экзамен)

1. Формирование структуры металла при кристаллизации.
  - 1.1 Первичная кристаллизация металлов.
  - 1.2. Самопроизвольное образование зародышевых центров.
  - 1.3. Гетерогенное образование зародышей.
  - 1.4. Строение металлического слитка.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Факультет заочного и дистанционного обучения  
Кафедра современных образовательных технологий

Фонд оценочных средств по дисциплине «Фазовые равновесия и структурообразование»  
по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 17

Первый экземпляр \_\_\_\_\_

КОПИЯ № \_\_\_\_\_

- 1.5. Полиморфные превращения.
2. Фазы в металлических сплавах
  - 2.1. Твердые растворы.
  - 2.2. Химические соединения.
  - 2.3 Гетерогенные структуры.
3. Формирование структуры сплавов при кристаллизации
  - 3.1. Диаграммы состояния.
  - 3.2. Процесс кристаллизации сплавов.
  - 3.3. Диаграмма состояния сплавов, образующих неограниченные твердые растворы.
  - 3.4. Диаграмма состояния сплавов, образующих ограниченные твердые растворы
  - 3.5. Диаграмма состояния сплавов, образующих химические соединения.
  - 3.6. Особенности фазовых превращений в сплавах в твердом состоянии.
  - 3.7. Диаграмма состояния сплавов с частичным распадом твердого раствора при понижении температуры.
  - 3.8. Диаграмма состояния сплавов, компоненты которых имеют полиморфные превращения.
  - 3.9. Диаграммы состояния, строение и свойства сплавов
  - 3.10. Понятия о диаграммах состояния тройных сплавов.
4. Пластическая деформация и механические свойства.
  - 4.1. Виды напряжений.
  - 4.2. Упругая и пластическая деформации.
  - 4.3. Разрушение металлов.
  - 4.4. Механические свойства, определяемые при статических испытаниях

## **4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### **4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета и экзамена. Допуском к зачету и экзамену является сдача и защита отчетов по контрольным заданиям.

### **4.2. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций**

Степень усвоения материала должна быть продемонстрирована при выполнении контрольных заданий и сдачи отчетов по практическим заданиям в течение семестра. Студенты в течение семестра должны успешно выполнить все практические задания и сдать по ним отчеты по всем разделам дисциплины. В случае если студент не сдал какие-либо отчеты в течение семестра, то для допуска на зачет или экзамен ему предлагается самостоятельно выполнить практические работы по соответствующим темам.

При подведении итогов учитываются результаты текущей успеваемости и итогового тестирования. Оценка итогового тестирования "зачет" (Набранная сумма баллов (%))



Версия документа - 1	стр. 18	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

выполненных заданий) (максимум - 100):

менее 60 % - не зачтено;

60-100 % - зачтено.

Оценка итогового тестирования "экзамен" (Набранная сумма баллов (% выполненных заданий) (максимум - 100):

менее 60 % - неудовлетворительно (2);

60-75 % - удовлетворительно (3);

76-95 % - хорошо (4);

96-100 % - отлично (5).

Особенности проведения процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья обозначены в рабочей программе дисциплины (модуля).

### 4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций

Уровни сформированности компетенций определяется следующим образом:

1. Высокий уровень сформированности компетенций соответствует оценке отлично: предполагает формирование компетенций на высоком уровне: студент свободно владеет основной терминологией и понятийным аппаратом курса «Фазовые равновесия и структурообразование», что позволяет формулировать выводы и участвовать в дискуссии по учебным вопросам данной дисциплины; полностью сформировано умение применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач и уверенно владеть навыком их решения;
2. Средний уровень соответствует оценке хорошо: предполагает формирование компетенций на среднем уровне: студент хорошо владеет основной терминологией и понятийным аппаратом курса «Фазовые равновесия и структурообразование»; сформировано умение применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач и владеть навыками решения базовых задач по Фазовым равновесиям и структурообразованиям;
3. Базовый уровень соответствует оценке удовлетворительно: предполагает формирование компетенций на начальном уровне: студент знает «теоретический минимум» и недостаточно владеет методами решения базовых задач по Фазовым равновесиям и структурообразованиям;
4. Низкий уровень соответствует оценке неудовлетворительно: студент не владеет основной терминологией и понятийным аппаратом раздела теоретической физики «Фазовые равновесия и структурообразование»; не владеет навыками решения базовых задач по Фазовым равновесиям и структурообразованиям.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)  
Факультет заочного и дистанционного обучения  
Кафедра современных образовательных технологий

Фонд оценочных средств по дисциплине «Фазовые равновесия и структурообразование»  
по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 19	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

**Фонд оценочных средств дисциплины (модуля) одобрен и рекомендован:**  
Проректор по учебной работе \_\_\_\_\_ утверждено 27.02.26 А.А. Саламатов

Ученым советом факультета заочного и дистанционного обучения

Протокол заседания № 01 от 12.02.2026

Председатель Ученого совета факультета  
заочного и дистанционного обучения \_\_\_\_\_ согласовано Ш.Ш. Ягафаров

**Заседанием кафедры современных образовательных технологий**

Протокол заседания № 01 от 12.02.2026

И.о.заведующего кафедрой \_\_\_\_\_ согласовано Н.А. Берг

Автор (составитель) \_\_\_\_\_ М.В. Матюнина

**Структура фондов оценочных средств соответствует приказу ректора ФГБОУ ВО «ЧелГУ»  
от 27 сентября 2022 №573-1**