

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 29.06.2026 10:16:41
Уникальный программный ключ:
04c19ed8bb98f3b6cb77a486b9a878808522523



МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра физики конденсированного состояния
Фонд оценочных средств по дисциплине «Фазовые равновесия и структурообразование»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» 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)
28.03.02 Наноинженерия

Направленность (профиль)
Нанотехнологии в материаловедении

Присваиваемая квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Год набора **2026**

Челябинск 2026 г.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Фазовые равновесия и структурообразование»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» 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. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Фазовые равновесия и структурообразование»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

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

1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: 28.03.02 Наноинженерия

Направленность (профиль): Нанотехнологии в материаловедении

Дисциплина: Фазовые равновесия и структурообразование

Семестр: 7, 8

Форма промежуточной аттестации: зачет (7 семестр), экзамен (8 семестр)

Система оценивания: оценивание результатов для зачета осуществляется по 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 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.	Знать: Для достижения УК-1.1: Основные понятия, терминологию и закономерности структурообразования и фазовых превращений материалов Уметь: Для достижения УК-1.2: Осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения задач исследования структуры и фазовых равновесий материалов Владеть: Для достижения УК-1.2: Методами поиска и анализа информации при решении научно-исследовательских задач
ПК-2.	Способен организовывать проведение комплексных исследований	ПК-2.1: Знает основные взаимодополняющие методы и методики исследования структуры и свойств наноструктурированных	Знать: Для достижения ПК-2.1: закономерности структурообразования различных материалов, а также как влияют



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Фазовые равновесия и структурообразование»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 4

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

	структуры и свойств наноструктурированных композиционных материалов	композиционных материалов ПК-2.2: Умеет: анализировать имеющиеся литературные данные по новым подходам к исследованию структуры и свойств материалов; обеспечивать соблюдение технических условий на всех стадиях проведения комплексных исследований структуры и свойств наноструктурированных композиционных материалов ПК-2.3: Владеет навыками работы с основной приборной базой для исследования структуры и свойств наноструктурированных композиционных материалов	дефекты кристаллической структуры на свойства материалов Уметь: Для достижения ПК-2.2: использовать базовые знания по структурообразованию для разработки технологий синтеза материалов Владеть: Для достижения ПК-2.3: навыком решения задач в области изучения и анализа структуры материалов
--	---	---	---



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Фазовые равновесия и структурообразование»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» 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	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- исследовательских задач Знать: Для достижения ПК-2.1: закономерности структурообразования различных материалов, а также как влияют дефекты кристаллической структуры на свойства материалов Уметь: Для достижения ПК-2.2: использовать базовые знания по структурообразованию для разработки технологий	Раздел 1. «Кристаллическая структура твердых тел».	Задание № 1 к практическим занятиям; вопросы при защите отчета по практическому заданию	Тест (Раздел 1, № 1- 3); вопросы к зачету № 1-9
		Раздел 5. «Формирование структуры металла при кристаллизации».	Задание № 4 к практическим занятиям; вопросы при защите отчета по практическому заданию	Тест (Раздел 5, № 13-15); вопросы к экзамену № 1.1-1.5
		Раздел 2. «Типы химических связей в твердых телах».	Задание № 1 к практическим занятиям; вопросы при защите отчета по практическому заданию	Тест (Раздел 2, № 4- 6); вопросы к зачету № 1-9
		Раздел 6. «Фазы в металлических сплавах».	Задание № 4 к практическим занятиям; вопросы при защите отчета по практическому заданию	Тест (Раздел 6, № 16-18); вопросы к экзамену № 2.1-2.3
		Раздел 3. «Дефекты кристаллической решетки. Точечные дефекты».	Задание № 3 к практическим занятиям; вопросы при защите отчета по практическому заданию	Тест (Раздел 3, № 7- 9); вопросы к зачету № 10-21
		Раздел 7. «Формирование структуры сплавов при кристаллизации».	Задания № 5-7 к практическим занятиям; вопросы при защите отчета по практическому заданию	Тест (Раздел 7, № 19-21); вопросы к экзамену № 3.1-3.10



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Фазовые равновесия и структурообразование»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

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

синтеза материалов Владеть: Для достижения ПК-2.3: навыком решения задач в области изучения и анализа структуры материалов	Раздел 4. «Основные типы дислокаций и их движение».	Задания № 2 и 3 к практическим занятиям; вопросы при защите отчета по практическому заданию	Тест (Раздел 4, № 10-12); вопросы к зачету № 22-35
	Раздел 8. «Пластическая деформация и механические свойства»	Задание № 2 к практическим занятиям; вопросы при защите отчета по практическому заданию	Тест (Раздел 8, № 22-24); вопросы к экзамену № 4.1-4.4

3.2 Содержание оценочных средств

База тестовых вопросов

№ п/п	Формулировка вопроса	Варианты ответов
Раздел 1. Кристаллическая структура твердых тел		
1	Векторы элементарных трансляций в кубической решетке...	1. все разные $a \neq b \neq c$ 2. все одинаковые $a = b = c$ 3. $a = b \neq c$ 4. $a = 2b = 3c$
2	Углы между векторами элементарных трансляций для гексагональной решетки ...	1. все одинаковые $\alpha = \beta = \gamma$ 2. $\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$ 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 4. 2
Раздел 2. Типы химических связей в твердых телах		
4	Ван-дер-ваальсовская связь является...	1. короткодействующей 2. прочной 3. дальнедействующей 4. ядерной
5.	В кристаллах с металлическим типом связей валентные электроны распределены ...	1. по объему кристалла 2. локально около атомов 3. за пределами кристалла 4. так же как у изолированного атома
6	В кристаллах с ионным типом связей все	1. только положительными



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Фазовые равновесия и структурообразование»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 7	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	--------	------------------------	---------------

	атомы являются ... ионами.	2. положительными и отрицательными 3. только отрицательными 4. большими
Раздел 3. Дефекты кристаллической решетки. Точечные дефекты		
7	Точечными дефектами не являются ...	1. вакансии 2. межузельные атомы 3. дислокации 4. примеси замещения
8	Концентрация точечных дефектов зависит от...	1. размера кристалла 2. типа решетки 3. солнечной активности 4. температуры
9	Краудион – это ... сгущение в расположении атомов или ионов в кристалле.	1. двумерное 2. одномерное 3. трехмерное 4. макроскопическое
Раздел 4. Основные типы дислокаций и их движение		
10	Наличие экстраплоскости свидетельствует о наличии ... дислокации.	1. краевой 2. винтовой 3. смешанной 4. точечной
11	Вектор Бюргерса не характеризует ...	1. энергию дислокации 2. деформацию сдвига 3. замыкание контура Бюргерса 4. концентрацию вакансий
12	Плоскость скольжения винтовой дислокации... к вектору Бюргерса.	1. параллельна 2. ориентирована под углом 30° 3. перпендикулярна 4. ориентирована под углом 60°
Раздел 5. Формирование структуры металла при кристаллизации		
13	Число степеней свободы для двухфазной двухкомпонентной системы равно...	1. 4 2. 2 3. 3 4. 1
14	Усадочные раковины формируются в ... части слитка.	1. центральной 2. поверхностной 3. нижней 4. краевой
15	Кристаллизация жидкости не начинается при наличии ...	1. переохлаждения 2. затравок 3. примесей 4. нагрева
Раздел 6. Фазы в металлических сплавах		
16	Фазовая диаграмма обычно строится в	1. давление-объем



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Фазовые равновесия и структурообразование»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 8

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

	координатах ...	2. температура-давление 3. объем-температура 4. температура-светимость
17	На фазовой диаграмме однокомпонентной системы может быть точка, где одновременно существуют ... фазы.	1. 4 2. 3 3. 5 4. 7
18	Фазы в металлических сплавах не могут образовывать...	1. твердые растворы 2. химические соединения 3. бризеры 4. гетерогенные структуры
Раздел 7. Формирование структуры сплавов при кристаллизации		
19	Выше линии ликвидуса на фазовой диаграмме находится ... фаза	1. твердая 2. жидкая 3. α -фаза 4. γ -фаза
20	Ниже линии солидуса на фазовой диаграмме находится ... фаза	1. твердая 2. жидкая 3. α -фаза 4. γ -фаза
21	Эвтектическое превращение происходит при ... температуре	1. изменяющейся 2. постоянной 3. высокой 4. низкой
Раздел 8. Пластическая деформация и механические свойства		
22	Разрушение материалов бывает ...	1. хрупким и быстрым 2. вязким и медленным 3. вязким и хрупким 4. катастрофическим и плавным
23	Предел прочности это напряжение при котором происходит ... материала	1. упрочнение 2. сжатие 3. растяжение 4. разрушение
24	Твердость определяют по размерам отпечатка при вдавливании ...	1. жидкости 2. микрометра 3. индентора 4. спидометра

Задания к практическим занятиям

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.
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?
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



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

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 вакансии 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.

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.
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 β 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



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

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



Версия документа - 1	стр. 14	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

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?

Контрольные задачи для практических занятий

1. Найти длину вектора элементарной трансляции в кристаллах алмаза, если кристаллическая решетка кубическая гранцентрированная, содержит 8 атомов, межатомное расстояние 1.54 Å.
2. Рассчитать коэффициент упаковки для простой кубической решетки
3. Рассчитать коэффициент упаковки для простой кубической объемноцентрированной решетки
4. Рассчитать коэффициент упаковки для простой кубической гранцентрированной



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Фазовые равновесия и структурообразование»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 15

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

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 600° 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} 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 см^3 отожженного металла с плотностью дислокаций 10^8 см^{-2} .

Вопросы к зачету

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 Бюргера.
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

Вопросы к экзамену

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.
 - 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



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Фазовые равновесия и структурообразование»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 17	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

- 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 **в форме зачета** проводится в два этапа.

На первом этапе студент проходит тестирование. Тест состоит из двенадцати вопросов по первой половине курса (Структурообразование), то есть по первым четырем разделам. Продолжительность прохождения тестирования – 20 минут.

На втором этапе студент в устно-письменной форме отвечает на два вопроса из списка вопросов к зачету. Время подготовки к ответу на вопрос из билета – 30 минут. Во время подготовки можно использовать только собственные конспекты лекций.

Промежуточная аттестация **в форме экзамена** проводится в два этапа.

На первом этапе студент выполняет компьютерный тест из 12 вопросов по второй половине курса (Фазовые равновесия). Продолжительность – 20 минут.

На втором этапе студент отвечает на вопросы экзаменационного билета. Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса из списка вопросов к экзамену. Время подготовки к ответу на вопросы билета – 60 минут. Во время подготовки можно использовать только собственные конспекты лекций.

4.2. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций

Степень усвоения материала должна быть продемонстрирована при выполнении практических 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. В качестве дополнительного критерия повышающего оценку усвоения материала является наличие



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Фазовые равновесия и структурообразование»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

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

выступлений студентов на практических занятиях по разделам дисциплины, предложенным для самостоятельного изучения.

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

Критерии оценивания отчета по практической работе:

Характеристики ответа	Оценка	Уровень освоения проверяемых компетенций
Правильно и с пояснениями даны ответы на все контрольные вопросы	зачтено	высокий
Даны ответы на все вопросы, но имеются неточности		средний
Правильно даны ответы на все контрольные вопросы кроме одного		базовый
Частично даны ответы на контрольные вопросы, точные ответы получены только после дополнительных наводящих вопросов	не зачтено	недостаточный
На большинство контрольных вопросов или все правильных ответов не было дано, даже после наводящих дополнительных вопросов		

К промежуточной аттестации (зачету или экзамену) не допускаются студенты, которые не сдали отчеты по практическим заданиям.

Зачет проходит в два этапа. На первом этапе студент проходит тестирование. Второй этап заключается в ответе на два вопроса из списка вопросов к зачету.

Экзамен также проходит в два этапа. На первом этапе студент проходит тестирование. Второй этап заключается в ответе на два вопроса из списка вопросов к экзамену.

4.2.1. Критерии оценивания теста

В результаты прохождения тестирования студентом оцениваются по пятибалльной системе – итоговая оценка выставляется как средняя по результатам сдачи теста и ответов на теоретические вопросы.

Правильные ответы	10 и более	8-9	7	6	5	менее 5
Баллы	5 баллов	4 балла	3 балла	2 балла	1 балл	0 баллов
Уровень освоения проверяемых компетенций	высокий	средний		базовый		недостаточный



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Фазовые равновесия и структурообразование»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

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

4.2.2. Критерии оценивания теоретического вопроса

При промежуточной аттестации в форме как зачета, так и экзамена студенту необходимо ответить на два теоретических вопроса из соответствующих списков вопросов (раздел 3.2. Содержание оценочных средств). В процессе ответа студентом на вопросы может быть набрано не более пяти баллов.

Критерии оценивания теоретических вопросов

Характеристики ответа	Баллы	Уровень освоения проверяемых компетенций
Студент обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала. Исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с поставленными задачами. Правильно обосновывает принятые решения. Может самостоятельно обобщать и излагать материал, не допуская ошибок.	5	высокий
Студент твердо знает материал дисциплины, грамотно и по существу излагает его, но при этом допускаются негрубые ошибки при ответе на вопрос.	4	средний
Студент освоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность изложения программного материала.	3	
Студент знает лишь некоторые из базовых понятий, с большим затруднением отвечает на вопросы	2	базовый
При ответе на вопросы студент допускает грубые ошибки	1	недостаточный
Студент не может ответить на вопросы	0	

Для повышения оценки на промежуточной аттестации студенты могут дополнительно выбрать для решения одну из задач, из списка контрольных задач для практических занятий. Правильное и полное решение задачи может повысить итоговую оценку (максимум на 1 балл).

4.2.3. Подведение итогов промежуточной аттестации

Для проведения промежуточной аттестации и оценки уровней сформированности компетенций производится среднего балла, набранного студентом в результате выполнения теста и ответа на теоретический вопрос из билета, в случае решения дополнительной задачи балл может быть повышен (но не более чем на единицу). На основе этих баллов выставляется оценка для зачета по системе «зачтено – не зачтено», для экзамена по пятибалльной системе. Критерии выставления оценки приведены в таблице ниже.

Оценка	Баллы	Уровень сформированности компетенций
Отлично /	5	Высокий уровень освоения проверяемых компетенций:



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине «Фазовые равновесия и структурообразование»
по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1	стр. 20	Первый экземпляр _____	КОПИЯ № _____
----------------------	---------	------------------------	---------------

Зачтено		студент свободно владеет основной терминологией и понятийным аппаратом использования средств информационно-коммуникационных технологий и программирования, что позволяет формулировать выводы и участвовать в дискуссии по учебным вопросам данной дисциплины; полностью сформировано умение использовать современные информационно-коммуникационные технологии в индивидуальной, коллективной учебной и научной деятельности для решения конкретных практических задач и уверенно владеть навыками их решения.
Хорошо / Зачтено	4	Средний уровень освоения проверяемых компетенций: у студента формируется комплексное знание основ использования средств информационно-коммуникационных технологий и программирования для сбора, анализа и обработки данных, необходимых для решения вопросов образовательного и научного характера; сформировано умение применять полученное теоретическое знание для решения конкретных практических задач и владеть навыками их решения.
Удовлетворительно / Зачтено	3	Базовый уровень освоения проверяемых компетенций: предполагает формирование компетенций на начальном уровне: студент знает только основные положения дисциплины и недостаточно владеет средствами информационно-коммуникационных технологий для решения практических задач.
Неудовлетворительно / Не зачтено	0 - 2	Недостаточный уровень освоения проверяемых компетенций: студент не знает основных положений вопроса, не ориентируется в основных понятиях, излагает материал с трудом, с грубыми фактическими ошибками либо отказывается от ответов на вопросы.

