

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»**

**Институт Технологий и инженерной механики  
Кафедра Материаловедение**

УТВЕРЖДАЮ:

Директор  
Института Технологий и инженерной  
механики

 Могильная Е.П.  
(подпись)

« 18 » 04 2023 года

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«ТЕРМОДИНАМИКА НЕРАВНОВЕСНЫХ ПРОЦЕССОВ»**

По направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Профили: «Материаловедение в машиностроении»  
«Композиционные и порошковые материалы, покрытия»

**Луганск 2023**

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Термодинамика неравновесных процессов» по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов. – 24 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Термодинамика неравновесных процессов» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 02.06.2020 года № 701 с изменениями и дополнениями от 30.03.2023 года.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Доктор техн. наук, профессор Рябичева Л.А.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры материаловедения «18» 04 2023 г., протокол № 8

Заведующая кафедрой материаловедения  Рябичева Л.А.

Переутверждена: «   »     20    г., протокол №    

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института Технологий и инженерной механики

«18» 04 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической комиссии института 

Ясуник С.Н.

© Рябичева Л.А., 2023 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. ДАЛЯ», 2023 год

## Структура и содержание дисциплины

### 1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель изучения дисциплины - освоение систематизированных знаний о кинетике процессов, протекающих в условиях локального равновесия, о термодинамике в реакционноспособных системах, в высокодисперсных системах, а также фазовые переходы в металлических системах.

Задачи:

- овладение современными концепциями в области термодинамики неравновесных процессов;
- применение законов неравновесной термодинамики к анализу процессов кристаллизации и плавления металлических систем;
- анализ фазовых переходов в двойных и тройных металлических системах.

### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Термодинамика неравновесных процессов» относится к обязательной части модуля профессиональных дисциплин подготовки бакалавров. Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются знания, полученные при изучении дисциплин «Неорганическая и органическая химия», и служит основой для освоения дисциплин «Теория и технология термической и химико-термической обработки», «Теория и технология композиционных материалов», «Теория и технология порошковых материалов», «Теория и технология нанесения покрытий».

### 3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
<b>ПК.3.</b> Способен обеспечивать контроль качества изделий после несложных и сложных процессов	<b>ПК-3.1.</b> Применяет периодический контроль соблюдения технологической дисциплины в термическом производстве	знать: периодический контроль соблюдения технологической дисциплины в термическом производстве уметь: выполнять периодический контроль соблюдения технологической дисциплины в термическом производстве владеть: методами периодического контроля соблюдения технологической дисциплины в термическом производстве
	<b>ПК-3.2.</b> Осуществляет разработку методик контроля изделий, изготовленных в несложных и сложных	знать: методик контроля изделий, изготовленных в несложных и сложных процессах термического производства

	<p>процессах термического производства</p>	<p>уметь: разрабатывать методики контроля изделий, изготовленных в несложных и сложных процессах термического производства</p>
		<p>владеть: навыками разработки методик контроля изделий, изготовленных в несложных и сложных процессах термического производства</p>
	<p><b>ПК-3.3.</b> Выявляет причины брака после несложных и сложных процессов термического производства</p>	<p>знать: причины брака после несложных и сложных процессов термического производства</p> <p>уметь: выявить причины брака после несложных и сложных процессов термического производства</p> <p>владеть: навыками причины брака после несложных и сложных процессов термического производства</p>
<p><b>ПК-5.</b> Способен участвовать во внедрении несложных и сложных новых видов техники и технологий термической обработки</p>	<p><b>ПК-5.1.</b> Участвует в сборе и обобщении информации о новых видах оборудования и технологиях в термическом производстве.</p>	<p>знать: основные положения сбора и обобщения информации о новых видах технологиях в термическом производстве</p> <p>уметь: выполнять сбор и обобщение информации о новых видах технологий в термическом производстве</p> <p>владеть: информацией о новых видах технологий в термическом производстве.</p>
	<p><b>ПК-5.2.</b> Участвует в разработке предложений по внедрению в производство несложных и сложных новых видов оборудования и технологий термического производства</p>	<p>знать: основы разработки предложений по внедрению в производство несложных и сложных новых видов оборудования и технологий термического производства</p> <p>уметь: разрабатывать предложения по внедрению в производство несложных и сложных новых видов технологий термического производства</p> <p>владеть: информацией по разработке предложений по внедрению в производство несложных и сложных новых видов оборудования и технологий термического производства</p>

	<p><b>ПК-5.3.</b> Участвует в разработке методик испытаний и исследования изделий новых видов техники и технологий термической обработки</p>	<p>знать: методики испытаний и исследования изделий новых видов техники и технологий термической обработки</p> <p>уметь: разрабатывать методики испытаний и исследования изделий новых видов техники и технологий термической обработки</p> <p>владеть: методиками испытаний и исследования изделий новых видов техники и технологий термической обработки</p>
--	--	--

## 4. Структура и содержание дисциплины

### 4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
<b>Общая учебная нагрузка (всего)</b>	<b>108</b> (3 зач. ед)	<b>108</b> (3 зач. ед)
<b>Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:</b>	<b>51</b>	<b>10</b>
Лекции	34	6
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	17	4
Лабораторные работы	-	-
Курсовая работа	-	-
<b>Самостоятельная работа студента (всего)</b>	<b>57</b>	<b>98</b>
Итоговая аттестация	зачет	зачет

### 4.2. Содержание разделов дисциплины

**Тема 1.** Вводная лекция. Цели и задачи дисциплины. Общие понятия и определения. Основы термодинамики неравновесных процессов.

**Тема 2.** Основные понятия и постулаты химической термодинамики.

Статистическая термодинамика. Термодинамическая система. Термодинамические параметры. Свойство аддитивности. Равновесное состояние. Термодинамический процесс. Необратимые процессы. Функции состояния. Уравнения состояния.

**Тема 3.** Первый и второй законы термодинамики.

Дополнительные термодинамические функции. Термохимия в металлургии. Понятие энтальпии. Понятие энтропии.

**Тема 4.** Некоторые общие вопросы термодинамики фазовых равновесий.

Фазовые равновесия в однокомпонентной системе. Равновесие при химических реакциях. Термодинамические свойства растворов. Процессы смешивания. Свойства регулярных растворов.

**Тема 5.** Термодинамическое обоснование фазовых диаграмм. Равновесие в реакциях между растворами, правило фаз Гиббса.

**Тема 6.** Металлические сплавы

Основные сведения о сплавах. Фаза. Физико-химическая или металлическая система. Твердые растворы. Упорядоченные твердые растворы (сверхструктуры). Химические соединения. Механические смеси. Промежуточные фазы.

**Тема 7.** Диаграммы состояния двойных систем.

Общие сведения о диаграммах состояния двойных систем. Диаграмма состояния системы с неограниченной растворимостью компонентов. Общая характеристика диаграммы. Кристаллизация сплавов. Правило отрезков. Ликвация.

**Тема 8.** Диаграммы состояния с точками экстремума на кривых линии ликвидуса и солидуса. Связь между свойствами и диаграммой состояния. Общая характеристика диаграммы. Кристаллизация сплавов. Правило отрезков. Связь между свойствами и диаграммой состояния.

**Тема 9.** Диаграммы состояния систем с упорядоченными твердыми растворами. Кристаллизация сплавов. Правило отрезков. Связь между свойствами и диаграммой состояния.

**Тема 10.** Диаграммы состояния системы с бинодальной кривой. Кристаллизация сплавов. Правило отрезков. Связь между свойствами и диаграммой состояния.

**Тема 11.** Диаграммы состояния системы эвтектического типа с отсутствием растворимости компонентов в твердом состоянии.

Общая характеристика диаграммы. Механизм эвтектической кристаллизации и строение эвтектик. Кристаллизация сплавов. Правило отрезков. Связь между свойствами и диаграммой состояния.

**Тема 12.** Диаграммы состояния системы эвтектического типа с образованием граничных твердых растворов. Характеристика диаграммы. Кристаллизация сплавов и их структура. Связь между свойствами и диаграммой состояния. Ликвация в сплавах с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии.

**Тема 13.** Диаграммы состояния систем эвтектического типа с различной ограниченной растворимостью в твердом состоянии. Характеристика диаграммы. Кристаллизация сплавов и их структура. Связь между свойствами и диаграммой состояния.

Диаграмма состояния системы эвтектического типа с ретроградной кривой солидус. Характеристика диаграммы. Кристаллизация сплавов и их структура. Связь между свойствами и диаграммой состояния.

**Тема 14.** Диаграмма состояния системы перитектического типа с образованием граничных твёрдых растворов.

Характеристика диаграммы. Кристаллизация сплавов и их структура. Связь между свойствами и диаграммой состояния.

**Тема 15.** Диаграммы состояния систем перитектического типа с различной растворимостью в твёрдом состоянии. Характеристика диаграммы. Кристаллизация сплавов и их структура. Связь между свойствами и диаграммой состояния.

**Тема 16.** Диаграммы состояния систем с промежуточными фазами

Диаграммы состояния систем с конгруэнтно-плавящейся промежуточной фазой. Характеристика диаграммы. Кристаллизация сплавов и их структура. Связь между свойствами и диаграммой состояния.

**Тема 17.** Диаграммы состояния систем с инконгруэнтно-плавящейся промежуточной фазой. Характеристика диаграммы. Кристаллизация сплавов и их структура. Связь между свойствами и диаграммой состояния.

Диаграммы состояния систем с промежуточными фазами, образующимися по реакциям в твердом состоянии. Характеристика диаграммы. Кристаллизация сплавов и их структура. Связь между свойствами и диаграммой состояния.

**Тема 18.** Диаграммы состояния систем с полиморфными промежуточными фазами. Характеристика диаграммы. Кристаллизация сплавов и их структура. Связь между свойствами и диаграммой состояния.

Диаграммы состояния систем с упорядоченными промежуточными фазами. Характеристика диаграммы. Кристаллизация сплавов и их структура. Связь между свойствами и диаграммой состояния.

**Тема 19.** Метод геометрической термодинамики. Общие представления о диаграммах состояния. Термодинамический потенциал. Анализ диаграмма состояния двухкомпонентных систем с использованием метода геометрического потенциала

**Тема 20.** Фазовые диаграммы тройных систем. Геометрические основы изображения диаграмм тройных систем. Концентрационный треугольник. Трёхмерная пространственная модель. Политермические проекции поверхностей ликвидуса. Изотермические сечения тройных фазовых диаграмм.

**Тема 21.** Диаграмма состояния систем с неограниченной растворимостью в жидком и твердом состоянии. Характеристика. Проекция диаграммы. Изотермические разрезы. Политермические разрезы. Фазовые превращения в сплавах.

**Тема 22.** Диаграмма состояния систем с трехфазным моновариантным равновесием. Характеристика. Проекция диаграммы. Изотермические разрезы. Политермические разрезы. Фазовые превращения в сплавах.

**Тема 23.** Диаграмма состояния систем с трехфазным эвтектическим равновесием. Характеристика. Проекция диаграммы. Изотермические разрезы. Политермические разрезы. Фазовые превращения в сплавах.

### 4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Вводная лекция. Цели и задачи дисциплины. Общие понятия и определения. Основы термодинамики неравновесных процессов	1	1
2	Основные понятия и постулаты химической термодинамики	1	
3	Первый и второй законы термодинамики.	1	
4	Некоторые общие вопросы термодинамики фазовых равновесий.	1	
5	Термодинамическое обоснование фазовых диаграмм.	1	
6	Металлические сплавы	1	1
7	Диаграммы состояния двойных систем. Общая характеристика.	1	1
8	Диаграммы состояния с точками экстремума на кривых линии ликвидуса и солидуса.	1	1
9	Диаграммы состояния систем с упорядоченными твердыми растворами.	1	
10	Диаграммы состояния системы с бинодальной кривой. Кристаллизация сплавов. Правило отрезков. Связь между свойствами и диаграммой состояния.	1	1
11	Диаграммы состояния системы эвтектического типа с отсутствием растворимости компонентов в твердом состоянии.	2	
12	Диаграммы состояния системы эвтектического типа с образованием граничных твердых растворов	2	
13	Диаграммы состояния систем эвтектического типа с различной ограниченной растворимостью в твердом состоянии.	2	1
14	Диаграмма состояния системы перитектического типа с образованием граничных твердых растворов.	2	
15	Диаграммы состояния систем перитектического типа с различной растворимостью в твердом состоянии. Характеристика диаграммы. Кристаллизация сплавов и их структура. Связь между свойствами и диаграммой состояния.	2	
16	Диаграммы состояния систем с промежуточными фазами	2	
17	Диаграммы состояния систем с инконгруэнтно-плавящейся промежуточной фазой..	2	



18	Диаграммы состояния систем с полиморфными промежуточными фазами.	2	
19	Метод геометрической термодинамики	2	
20	Фазовые диаграммы тройных систем. Геометрические основы изображения диаграмм тройных систем	2	
21	Диаграмма состояния систем с неограниченной растворимостью в жидком и твердом состоянии	2	
22	Диаграмма состояния систем с трехфазным моновариантным состоянием	2	
<b>Итого:</b>		<b>34</b>	<b>6</b>

#### 4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Термодинамическое обоснование фазовых диаграмм.	2	2
2	Анализ диаграммы состояния с неограниченной растворимостью в твердом и жидком состоянии.	2	-
3	Анализ диаграммы состояния системы эвтектического типа с отсутствием растворимости компонентов в твердом состоянии	2	-
4	Анализ диаграммы состояния системы перитектического типа с образованием граничных твердых растворов	2	
5	Анализ диаграммы состояния систем с промежуточными фазами	2	-
6	Фазовые диаграммы тройных систем. Геометрические основы изображения диаграмм тройных систем	2	2
7	Анализ диаграмма состояния систем с неограниченной растворимостью в жидком и твердом состоянии	2	-
8	Анализ диаграмма состояния систем с трехфазным эвтектическим равновесием.	3	
<b>Итого:</b>		<b>17</b>	<b>4</b>

#### 4.5. Лабораторные работы

Лабораторные работы не предусмотрены учебным планом

#### 4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Термодинамика фазовых превращений.	Изучение лекционного материала, Подготовка к практическому занятию №1	4	12

2	Анализ фазовых превращений в двойных сплавах с неограниченной растворимостью компонентов в жидком и твёрдом состояниях	Подготовка к практическому занятию №2	4	12
3	Анализ фазовых превращений в двойных сплавах с полной растворимостью компонентов в жидком состоянии и ограниченной растворимостью в твёрдом состоянии (с эвтекктическим превращением)	Подготовка к практическому занятию №3	4	12
4	Анализ фазовых превращений в двойных сплавах с полной растворимостью компонентов в жидком состоянии и ограниченной растворимостью в твёрдом состоянии (с перитектическим превращением)	Подготовка к практическому занятию №4	6	12
5	Анализ фазовых превращений в двойных сплавах с ограниченной растворимостью компонентов в жидком и твёрдом состояниях	Подготовка к практическому занятию №5	8	12
6	Фазовые диаграммы тройных систем. Геометрические основы изображения диаграмм тройных систем	Подготовка к практическому занятию №6	8	12
7	Анализ диаграмма состояния систем с неограниченной растворимостью в жидком и твердом состоянии	Подготовка к практическому занятию №7	4	12
8	Анализ диаграмма состояния систем с трехфазным эвтекктическим равновесием.	Подготовка к практическому занятию №8	4	14
<b>Итого:</b>			<b>57</b>	<b>98</b>

#### **4.7. Курсовой проект/работа**

Учебным планом не предусмотрено

#### **5. Образовательные технологии**

В процессе обучения для достижения планируемых результатов освоения дисциплины используются следующие образовательные технологии:

- традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;
- информационно-коммуникационные технологии, в том числе визуализация, создание электронных учебных материалов;
- использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям, практическим и лабораторным занятиям;
- технология проблемного обучения, в том числе в рамках разбора проблемных ситуаций;

– технология развивающего обучения, в том числе постановка и решение задач от менее сложных к более сложным, развивающих компетенции студентов.

В рамках перечисленных технологий основными методами обучения являются: самостоятельная работа; проблемное обучение.

## **6. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины:**

### **а) основная литература:**

1.Осинцев О.Е., Диаграммы состояния двойных и тройных систем. Фазовые равновесия в сплавах: учеб. пособие/ Осинцев О.Е. - М.: Машиностроение, 2009. - 352 с. - ISBN 978-5-94275-459-4 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785942754594.html> (дата обращения: 17.04.2020). - Режим доступа : по подписке.

2.Лилеев А.С., Фазовые равновесия и структурообразование : Сб. задач / Лилеев А.С., Милютин Е.С. - М. : МИСиС, 2009. - 33 с. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : [http://www.studentlibrary.ru/book/Misis\\_335.html](http://www.studentlibrary.ru/book/Misis_335.html) (дата обращения: 17.04.2020). - Режим доступа : по подписке.

### **б) дополнительная литература**

1. Захаров А.М. Диаграммы состояния двойных и тройных систем. М.: Металлургия, 1990. 240 с.

2.Агеев Е.П. Неравновесная термодинамика в вопросах и ответах. М.: Изд-во МЦМНО, 2005. 324 с.

3.Физическое металловедение / под ред. Р.У. Кана, П. Хаазена. В 2 т. М.: Металлургия, 1987. 624 с.

4.Диаграммы состояния двойных металлических систем: Справочник. В 3 т.: / под общ. ред. Н.П. Лякишева. М.: Машиностроение. 2001.

### **в) методические рекомендации:**

1. Методические рекомендации к выполнению практических занятий по дисциплине «Термодинамика неравновесных процессов» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 22.03.01. Материаловедение и технологии материалов. /Сост.: Л.А. Рябичева. Луганск: Изд-во ЛНУ им. Даля, 2020.

### **г) интернет-ресурсы:**

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

ГОСТы и стандарты – <https://standartgost.ru/>

### **Электронные библиотечные системы и ресурсы**

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

### **Информационный ресурс библиотеки образовательной организации**

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

## Электронные библиотечные системы и ресурсы

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Реализация программы дисциплины требует наличия аудиторий и лаборатории.

Лекционные занятия: комплект электронных презентаций/слайдов, аудитория, оснащенная презентационной техникой (мультимедиапроектор, экран, компьютер/ноутбук).

Практические занятия: компьютерный класс, презентационная техника (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет, рабочие места студентов по количеству обучающихся, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	<a href="https://www.libreoffice.org/">https://www.libreoffice.org/</a> <a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice">https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice</a>
Операционная система	UBUNTU 19.04	<a href="https://ubuntu.com/">https://ubuntu.com/</a> <a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu">https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu</a>
Браузер	Firefox Mozilla	<a href="http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx">http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx</a>
Браузер	Opera	<a href="http://www.opera.com">http://www.opera.com</a>
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	<a href="http://www.mozilla.org/ru/thunderbird">http://www.mozilla.org/ru/thunderbird</a>
Файл-менеджер	Far Manager	<a href="http://www.farmanager.com/download.php">http://www.farmanager.com/download.php</a>
Архиватор	7Zip	<a href="http://www.7-zip.org/">http://www.7-zip.org/</a>
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	<a href="http://www.gimp.org/">http://www.gimp.org/</a> <a href="http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8">http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8</a> <a href="http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP">http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP</a>
Редактор PDF	PDFCreator	<a href="http://www.pdfforge.org/pdfcreator">http://www.pdfforge.org/pdfcreator</a>
Аудиоплеер	VLC	<a href="http://www.videolan.org/vlc/">http://www.videolan.org/vlc/</a>

## 8. Оценочные средства по дисциплине

### Паспорт оценочных средств по учебной дисциплине «Термодинамика неравновесных процессов»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	<b>ПК-3.</b>	Способен обеспечивать контроль качества изделий после несложных и сложных процессов	<b>ПК-3.1.</b> Применяет периодический контроль соблюдения технологической дисциплины в термическом производстве	Тема 1. Вводная лекция. Тема 2. Основные понятия и постулаты химической термодинамики. Тема 3. Первый и второй законы термодинамики. Тема 4. Некоторые общие вопросы термодинамики фазовых равновесий.	4
			<b>ПК-3.2.</b> Осуществляет разработку методик контроля изделий, изготовленных в несложных и сложных процессах термического производства	Тема 2. Основные понятия и постулаты химической термодинамики. Тема 3. Первый и второй законы термодинамики.	4
			<b>ПК-3.3.</b> Выявляет причины брака после несложных и сложных процессов термического производства	Тема 6. Металлические сплавы Тема 5. Термодинамическое обоснование фазовых диаграмм.	4

2.	<b>ПК-5</b>	Способен участвовать во внедрении несложных и сложных новых видов техники и технологий термической обработки	<b>ПК-5.1.</b> Участвует в сборе и обобщении информации о новых видах оборудовании и технологиях в термическом производстве	Тема 7. Диаграммы состояния двойных систем. Общая характеристика. Тема 8. Диаграммы состояния с точками экстремума на кривых линии ликвидуса и солидуса.	4
			<b>ПК-5.2.</b> Участвует в разработке предложений по внедрению в производство несложных и сложных новых видов оборудования и технологий термического производства	Тема 9 - 18. Диаграммы двойных систем	4
			<b>ПК-5.3.</b> Участвует в разработке методик испытаний и исследования изделий новых видов техники и технологий термической обработки	Тема 19-23. Диаграммы тройных систем	4

### Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	<b>ПК.3.</b> Способен обеспечивать контроль качества изделий после несложных и сложных процессов	<b>ПК-3.1.</b> Применяет периодический контроль соблюдения технологической дисциплины в термическом производстве	знать: периодический контроль соблюдения технологической дисциплины в термическом производстве уметь: выполнять периодический контроль соблюдения технологической	Тема 1. Вводная лекция. Тема 2. Основные понятия и постулаты химической термодинамики.	Вопросы для сдачи практических занятий, зачета

			<p>дисциплины в термическом производстве</p> <p>владеть: методами периодический контроль соблюдения технологической дисциплины в термическом производстве</p>	<p>Тема 3. Первый и второй законы термодинамики.</p> <p>Тема 4. Некоторые общие вопросы термодинамики фазовых равновесий.</p>
		<p><b>ПК-3.2.</b> Осуществляет разработку методик контроля изделий, изготовленных в несложных и сложных процессах термического производства</p>	<p>знать: методик контроля изделий, изготовленных в несложных и сложных процессах термического производства</p> <p>уметь: разрабатывать методики контроля изделий, изготовленных в несложных и сложных процессах термического производства</p> <p>владеть: навыками разработки методик контроля изделий, изготовленных в несложных и сложных процессах термического производства</p>	<p>Тема 2. Основные понятия и постулаты химической термодинамики.</p> <p>Тема 3. Первый и второй законы термодинамики.</p>
		<p><b>ПК-3.3.</b> Выявляет причины брака после несложных и сложных процессов термического производства</p>	<p>знать: причины брака после несложных и сложных процессов термического производства</p> <p>уметь: выявить причины брака после несложных и сложных процессов термического производства</p> <p>владеть: навыками причины брака после несложных и сложных процессов термического производства</p>	<p>Тема 6. Металлические сплавы</p> <p>Тема 5. Термодинамическое обоснование фазовых диаграмм.</p>

2.	<p><b>ПК-5.</b> Способен участвовать во внедрении несложных и сложных новых видов техники и технологий термической обработки</p>	<p><b>ПК-5.1.</b> Участвует в сборе и обобщении информации о новых видах оборудования и технологиях в термическом производстве.</p>	<p>знать: основные положения сбора и обобщения информации о новых видах технологиях в термическом производстве</p> <p>уметь: выполнять сбор и обобщение информации о новых видах технологий в термическом производстве</p> <p>владеть: информацией о новых видах технологий в термическом производстве.</p>	<p>Тема 7. Диаграммы состояния двойных систем. Общая характеристика.</p> <p>Тема 8. Диаграммы состояния с точками экстремума на кривых линии ликвидуса и солидуса.</p>	<p>Вопросы для сдачи практических занятий, зачета</p>
		<p><b>ПК-5.2.</b> Участвует в разработке предложений по внедрению в производство несложных и сложных новых видов оборудования и технологий термического производства</p>	<p>знать: основы разработки предложений по внедрению в производство несложных и сложных новых видов оборудования и технологий термического производства</p> <p>уметь: разрабатывать предложения по внедрению в производство несложных и сложных новых видов технологий термического производства</p> <p>владеть: информацией по разработки предложений по внедрению в производство несложных и сложных новых видов оборудования и технологий термического производства</p>	<p>Тема 9 - 18. Диаграммы двойных систем</p>	



		<p><b>ПК-5.3.</b> Участвует в разработке методик испытаний и исследования изделий новых видов техники и технологий термической обработки</p>	<p>знать: методики испытаний и исследования изделий новых видов техники и технологий термической обработки</p> <p>уметь: разрабатывать методики испытаний и исследования изделий новых видов техники и технологий термической обработки</p> <p>владеть: методиками испытаний и исследования изделий новых видов техники и технологий термической обработки</p>	<p>Тема 19-23. Диаграммы тройных систем</p>	
--	--	--	--	---	--

## Задания для практических занятий

### Занятие 1. Термодинамическое обоснование фазовых диаграмм.

Задание. Определить тип образующихся твердых растворов (замещения или внедрения) и характер растворимости (ограниченная или неограниченная) в двух заданных системах.

#### Контрольные вопросы

1. Что такое термодинамической системой
2. Какими параметрами характеризуется термодинамической системой
3. Что такое гомогенная и гетерогенная системы?
4. Что такое фаза?
5. Что такое физико-химическая система?
6. Что такое равновесное состояние системы?
7. Чему равна свободная энергия при равновесном состоянии системы?
8. Что такое компонент?
9. Объясните правило фаз Гиббса.
10. В каких координатах строится фазовая диаграмма?
11. Что такое твердый раствор?
12. Объясните твердый раствор внедрения и замещения.
13. Объясните условия образования твердых растворов неограниченной растворимости.
14. Что такое химическое соединение в сплавах?
15. Особенности химических соединений.
16. Что такое механическая смесь?
17. Между какими компонентами образуется механическая смесь?
18. Объясните заданную термодинамическую систему, какую решетку имеет образующийся твердый раствор, тип твердого раствора, характер растворимости.

### Занятие 2. Анализ диаграммы состояния с неограниченной растворимостью в твердом и жидком состоянии

Задание. Изобразить диаграмму фазового равновесия системы Cu-Ni. Выполнить ее анализ согласно общему заданию для концентрации сплава.

#### Контрольные вопросы

1. Начертить диаграмму фазового равновесия с неограниченной растворимостью в жидком и твердом состоянии.
2. Определить число степеней свободы для заданного преподавателем сплава.
3. Построить кривую охлаждения (нагрева) для заданного преподавателем сплава.
4. Расставить все фазы.
5. Определить количество и состав фаз, или структурных составляющих для заданной преподавателем температуры.

#### **Занятие 3. Анализ диаграммы состояния системы эвтектического типа с отсутствием растворимости компонентов в твердом состоянии**

Задание. Начертить диаграмму фазового равновесия системы Pb-Sn или Sn-Zn (по заданию преподавателя). Выполнить ее анализ согласно общему заданию для концентрации сплава, указанного преподавателем.

#### Контрольные вопросы

1. Начертить диаграмму фазового равновесия с ограниченной растворимостью компонентов в жидком и твердом состоянии.
2. Определить число степеней свободы для заданного преподавателем сплава.
3. Расставить все фазы.
4. Построить кривую охлаждения (нагрева) для заданного преподавателем сплава.
5. Определить количество и состав фаз, или структурных составляющих для заданной преподавателем температуры.

#### **Занятие 4. Анализ диаграммы состояния системы перитектического типа с образованием граничных твердых растворов**

Задание. Начертить диаграмму фазового равновесия системы Ag-Pt. Выполнить ее анализ согласно общему заданию для концентрации сплава, указанного преподавателем.

#### Контрольные вопросы

1. Начертить диаграмму фазового равновесия с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии и наличием перитектического превращения/
2. Определить число степеней свободы для заданного преподавателем сплава.
3. Расставить все фазы.
4. Построить кривую охлаждения (нагрева) для заданного преподавателем сплава.
5. Определить количество и состав фаз, или структурных составляющих для заданной преподавателем температуры.

#### **Занятие 5. Анализ диаграммы состояния систем с промежуточными фазами**

Задание. Начертить диаграмму фазового равновесия системы Bi-Li. Выполнить ее анализ согласно общему заданию для концентрации сплава, указанного преподавателем

#### Контрольные вопросы

1. Начертить диаграмму фазового равновесия с ограниченной растворимостью компонентов в жидком и твердом состоянии.
2. Определить число степеней свободы для заданного преподавателем сплава.
3. Расставить все фазы.
4. Построить кривую охлаждения (нагрева) для заданного преподавателем сплава.
5. Определить количество и состав фаз, или структурных составляющих для заданной преподавателем температуры.

#### **Занятие 6. Анализ фазовых превращений в двойных сплавах с наличием химического соединения**

Задание. Начертить диаграмму фазового равновесия системы Ir-Re. Выполнить ее анализ согласно общему заданию для концентрации сплава, указанного преподавателем.

#### Контрольные вопросы

1. Начертить диаграмму фазового равновесия с ограниченной растворимостью компонентов в жидком и твёрдом состоянии.
2. Определить число степеней свободы для заданного преподавателем сплава.
3. Расставить все фазы.
4. Построить кривую охлаждения (нагрева) для заданного преподавателем сплава.
5. Определить количество и состав фаз, или структурных составляющих для заданной преподавателем температуры.

#### **Занятие 7. Анализ фазовых превращений в двойных сплавах при наличии полиморфных превращений у отдельных компонентов и в случаях перитектоидного и эвтектоидного превращений**

Задание. Начертить диаграмму фазового равновесия системы Au-La. Выполнить ее анализ согласно общему заданию для концентрации сплава, указанного преподавателем.

#### Контрольные вопросы

1. Начертить диаграмму фазового равновесия с ограниченной растворимостью компонентов в жидком и твёрдом состоянии.
2. Определить число степеней свободы для заданного преподавателем сплава.
3. Расставить все фазы.
4. Построить кривую охлаждения (нагрева) для заданного преподавателем сплава.
5. Определить количество и состав фаз, или структурных составляющих для заданной преподавателем температуры.

#### **Занятие 8. Анализ диаграмма состояния систем с трехфазным эвтектическим равновесием**

Задание. Начертить диаграмму фазового равновесия системы железо-цементит. Выполнить ее анализ согласно заданию для концентрации сплава.

#### Контрольные вопросы

1. Начертить диаграмму фазового равновесия с ограниченной растворимостью компонентов в жидком и твёрдом состоянии.
2. Определить число степеней свободы для заданного преподавателем сплава.
3. Расставить все фазы.
4. Построить кривую охлаждения (нагрева) для заданного преподавателем сплава.
5. Определить количество и состав фаз, или структурных составляющих для заданной преподавателем температуры.

#### Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «практические занятия»

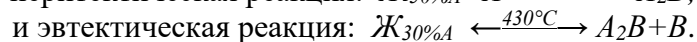
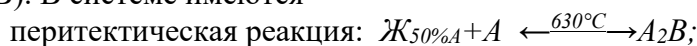
Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерии оценивания
5	Обучающийся полностью и правильно выполнил задание. Показал отличные знания, умения и владения навыками применения их при решении задач в рамках усвоенного учебного материала. Работа оформлена аккуратно в соответствии с предъявляемыми требованиями
4	Обучающийся выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хорошие знания, умения и владения навыками применения их при решении задач в рамках усвоенного учебного материала. Есть недостатки в оформлении работы
3	Обучающийся выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания, умения и владения навыками применения их при решении задач

2	Обучающийся выполнил задание неправильно. При выполнении обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень знаний, умений и владения ими при решении задач в рамках усвоенного учебного материала
---	---

## Оценочные средства для промежуточной аттестации (зачет)

### Тест №1

1. Построить диаграмму состояния, если известно, что компоненты неограниченно растворимы в жидком состоянии, нерастворимы в твердом состоянии и образуют неустойчивое химическое соединение  $A_2B$  (30%B). В системе имеются

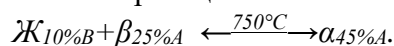


Температуры плавления:  $A - 1130^\circ\text{C}$ ,  $B - 950^\circ\text{C}$ .

2. Дать полный анализ диаграммы  $\text{Bi-Li}$  и объяснить характер изменения свойств в заданной системе по закону Н.С. Курнакова. Для сплава с концентрацией второго компонента 60% построить кривую охлаждения и описать формирование структуры сплава при кристаллизации. С помощью правила отрезков определить концентрацию и количество фаз в заданном сплаве при температуре  $650^\circ\text{C}$  и количество структурных составляющих при температуре  $20^\circ\text{C}$ .

### Тест №2

1. Построить диаграмму состояния, если известно, что компоненты неограниченно растворимы в жидком состоянии, а в твердом состоянии образуют твердые растворы ограниченной концентрации. В системе имеется перитектическая реакция

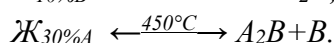
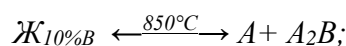


Температуры плавления:  $A - 450^\circ\text{C}$ ,  $B - 1050^\circ\text{C}$ .

2. Дать полный анализ диаграммы  $\text{La-Pb}$  и объяснить характер изменения свойств в заданной системе по закону Н.С. Курнакова. Для сплава с концентрацией второго компонента 55% построить кривую нагрева и описать формирование структуры сплава при кристаллизации. С помощью правила отрезков определить концентрацию и количество фаз в заданном сплаве при температуре  $1000^\circ\text{C}$  и количество структурных составляющих при температуре  $20^\circ\text{C}$ .

### Тест №3

1. Построить диаграмму состояния, если известно, что компоненты неограниченно растворимы в жидком состоянии, не растворимы в твердом состоянии и образуют устойчивое химическое соединение  $A_2B$  (40%B). В системе имеются две эвтектические реакции:



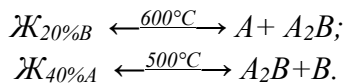
Температуры плавления:  $A - 1130^\circ\text{C}$ ,  $B - 1100^\circ\text{C}$ ,  $A_2B - 1200^\circ\text{C}$ .

2. Дать полный анализ диаграммы  $\text{Sn-Bi}$  и объяснить характер изменения свойств в заданной системе по закону Н.С. Курнакова. Для сплава с концентрацией второго компонента 70% построить кривую охлаждения и описать формирование структуры сплава при кристаллизации. С помощью

правила отрезков определить концентрацию и количество фаз в заданном сплаве при температуре 1600°C и количество структурных составляющих при температуре 20°C.

#### Тест №4

1. Построить диаграмму состояния, если известно, что компоненты неограниченно растворимы в жидком состоянии, не растворимы в твердом состоянии и образуют устойчивое химическое соединение A<sub>2</sub>B (30%B). В системе имеются две эвтектические реакции:

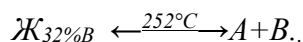


Температуры плавления: A – 935°C, B – 780°C, A<sub>2</sub>B – 1000°C.

2. Дать полный анализ диаграммы Mg-Ge и объяснить характер изменения свойств в заданной системе по закону Н.С. Курнакова. Для сплава с концентрацией второго компонента 15% построить кривую охлаждения и описать формирование структуры сплава при кристаллизации. С помощью правила отрезков определить концентрацию и количество фаз в заданном сплаве при температуре 700°C и количество структурных составляющих при температуре 20°C.

#### Тест №5

1. Построить диаграмму состояния, если известно, что компоненты неограниченно растворимы в жидком состоянии и нерастворимы в твердом состоянии. В системе имеется эвтектическая реакция:

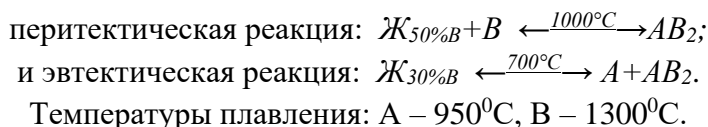


Температуры плавления: A – 327°C, B – 650°C.

2. Дать полный анализ диаграммы Ir-Re и объяснить характер изменения свойств в заданной системе по закону Н.С. Курнакова. Для сплава с концентрацией второго компонента 35% построить кривую охлаждения и описать формирование структуры сплава при кристаллизации. С помощью правила отрезков определить концентрацию и количество фаз в заданном сплаве при температуре 1600°C и количество структурных составляющих при температуре 20°C.

#### Тест №6

1. Построить диаграмму состояния, если известно, что компоненты неограниченно растворимы в жидком состоянии, не растворимы в твердом состоянии и образуют неустойчивое химическое соединение AB<sub>2</sub> (70%B). В системе имеются

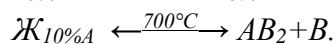
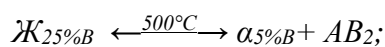


Температуры плавления: A – 950°C, B – 1300°C.

2. Дать полный анализ диаграммы Au-La и объяснить характер изменения свойств в заданной системе по закону Н.С. Курнакова. Для сплава с концентрацией второго компонента 90% построить кривую нагрева и описать формирование структуры сплава при кристаллизации. С помощью правила отрезков определить концентрацию и количество фаз в заданном сплаве при температуре 600°C и количество структурных составляющих при температуре 20°C.

### Тест №7

1. Построить диаграмму состояния, если известно, что компоненты неограниченно растворимы в жидком состоянии, а в твердом состоянии образуют твердый раствор на основе компонента А и устойчивое химическое соединение АВ<sub>2</sub> (60%B). В системе имеются две эвтектические реакции:



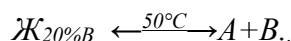
Растворимость компонента В в А при 20<sup>0</sup>С составляет 1%.

Температуры плавления: А – 750<sup>0</sup>С, В – 950<sup>0</sup>С, АВ<sub>2</sub> - 1200<sup>0</sup>С.

2. Дать полный анализ диаграммы Au-Pb и объяснить характер изменения свойств в заданной системе по закону Н.С. Курнакова. Для сплава с концентрацией второго компонента 75% построить кривую охлаждения и описать формирование структуры сплава при кристаллизации. С помощью правила отрезков определить концентрацию и количество фаз в заданном сплаве при температуре 230<sup>0</sup>С и количество структурных составляющих при температуре 20<sup>0</sup>С.

### Тест №8

1. Построить диаграмму состояния, если известно, что компоненты неограниченно растворимы в жидком состоянии и нерастворимы в твердом состоянии. В системе имеется эвтектическая реакция:



Температуры плавления: А – 100<sup>0</sup>С, В – 250<sup>0</sup>С.

2. Дать полный анализ диаграммы Na-Sb и объяснить характер изменения свойств в заданной системе по закону Н.С. Курнакова. Для сплава с концентрацией второго компонента 37% построить кривую нагрева и описать формирование структуры сплава при кристаллизации. С помощью правила отрезков определить концентрацию и количество фаз в заданном сплаве при температуре 600<sup>0</sup>С и количество структурных составляющих при температуре 20<sup>0</sup>С.

### Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «зачет»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
Зачет сдан на высоком уровне	Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
Зачет сдан на среднем уровне	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.

Зачет сдан на низком уровне	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
Зачет сдан на неудовлетворительном уровне	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

### Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)