

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 15.11.2023 15:13:17

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Термодинамические расчеты и анализ фазовых диаграмм многокомпонентных систем

Закреплена за подразделением Кафедра металлургии стали, новых производственных технологий и защиты металлов

Направление подготовки

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Квалификация

**Инженер-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 9

аудиторные занятия

102

самостоятельная работа

42

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	9 (5.1)		Итого	
	Неделя			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	68	68	68	68
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	102	102	102	102
Контактная работа	102	102	102	102
Сам. работа	42	42	42	42
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

*д.т.н., проф., Павлоа А.В.*

Рабочая программа

**Термодинамические расчеты и анализ фазовых диаграмм многокомпонентных систем**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ, 22.03.02-БМТ-23\_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра металлургии стали, новых производственных технологий и защиты металлов**

Протокол от 27.06.2023 г., №12

Руководитель подразделения Дуб Алексей Владимирович, д.т.н., профессор

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ****2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.14
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Закономерности и механизмы формирования материалов в аддитивных технологиях	
2.1.2	Закономерности, механизмы и диагностика процессов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза	
2.1.3	Информационные технологии управления металлургическими печами	
2.1.4	Конструирование литейной оснастки, раздел 2	
2.1.5	Логистика вторичных ресурсов	
2.1.6	Металловедение, часть 2	
2.1.7	Металлургия благородных металлов	
2.1.8	Металлургия редкоземельных и радиоактивных металлов	
2.1.9	Метрология, стандартизация и методы контроля и анализа веществ	
2.1.10	Модельное производство	
2.1.11	Огнеупоры металлургического производства	
2.1.12	Основы промышленного дизайна и ювелирного дела	
2.1.13	Пористые порошковые материалы. Порошковые материалы для узлов трения. Порошковые алмазосодержащие материалы.	
2.1.14	Производство отливок из стали и чугуна	
2.1.15	Производство тяжелых цветных металлов	
2.1.16	Производство ферросплавов	
2.1.17	Разливка стали и спецэлектрометаллургия	
2.1.18	Технологические линии и комплексы ОМД	
2.1.19	Физико-механические свойства металлов	
2.1.20	Химия окружающей среды	
2.1.21	Цифровое моделирование процессов и инструмента ОМД	
2.1.22	Современные инструментальные методы и средства контроля параметров работы металлургических агрегатов	
2.1.23	Компьютерное проектирование процессов и технологий ОМД	
2.1.24	Конструирование литейной оснастки, раздел 1	
2.1.25	Металловедение, часть 1	
2.1.26	Металлургия тугоплавких и рассеянных редких металлов	
2.1.27	Металлургия тяжелых цветных металлов	
2.1.28	Методы анализа структуры металлов и сплавов	
2.1.29	Метрология и измерительная техника	
2.1.30	Производство отливок из сплавов цветных металлов	
2.1.31	Современные методы производства сплошных и полых изделий	
2.1.32	Теория и технология производства стали в электропечах	
2.1.33	Теплотехника и экодизайн металлургических печей	
2.1.34	Технологии и оборудование для модификации поверхности	
2.1.35	Технология композиционных материалов	
2.1.36	Инжиниринг машин и агрегатов производства металлоизделий	
2.1.37	Логистика и экодизайн технологий чёрной металлургии	
2.1.38	Металлургия алюминия и магния	
2.1.39	Многокомпонентные диаграммы состояния	
2.1.40	Научные основы нанесения покрытий	
2.1.41	Обогащение руд	
2.1.42	Оборудование для процессов порошковой металлургии	
2.1.43	Оборудование и технологии сталеплавильных цехов	
2.1.44	Основы бизнеса в металлургии	
2.1.45	Основы минералогии и петрографии	
2.1.46	Основы электрометаллургического производства	
2.1.47	Прикладная кристаллография	

2.1.48	Проектирование технологии изготовления отливок
2.1.49	Производство стали в конвертерах
2.1.50	Процессы формования и спекания металлических порошков
2.1.51	Ресурсосбережение и экология современных процессов обработки металлов давлением
2.1.52	Рециклинг металлов
2.1.53	Теория промышленных процессов деформационной обработки металлов и сплавов
2.1.54	Теория термической обработки металлов и основы эксперимента
2.1.55	Технология литейного производства
2.1.56	Физико-химические процессы в литейном производстве
2.1.57	Дефекты кристаллической решетки и механические свойства сплавов
2.1.58	Инженерные расчеты в металлургии
2.1.59	Методы исследования свойств металлов и сплавов
2.1.60	Организация и математическое планирование эксперимента
2.1.61	Органическая химия в металлургии
2.1.62	Основы пиро- и гидрометаллургического производства
2.1.63	Основы теории литейных процессов
2.1.64	Потребительские свойства металлургической продукции
2.1.65	Процессы получения металлических порошков
2.1.66	Сырьевая и энергетическая безопасность предприятий
2.1.67	Теория обработки металлов давлением и физические основы пластической деформации
2.1.68	Термодинамика и кинетика металлургических процессов
2.1.69	Технологические измерения и приборы
2.1.70	Технологические процессы пластической обработки металлов и сплавов
2.1.71	ARTCAD
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Автоматизация машин и агрегатов ОМД
2.2.2	Диагностика и экспертиза коррозионных разрушений металлов
2.2.3	Дизайн литого изделия
2.2.4	Инновационные технологии и оборудование ферросплавного производства
2.2.5	Компьютерное проектирование и инжиниринг
2.2.6	Материаловедческие основы производства твердых сплавов
2.2.7	Методы аттестации наноструктурированных поверхностей
2.2.8	Моделирование технологических процессов
2.2.9	Мониторинг работы металлургического предприятия
2.2.10	Основы теории сварки и пайки литых изделий
2.2.11	Особенности получения высокоточных отливок
2.2.12	Отливки для металлургической и горнодобывающей отраслей
2.2.13	Порошковые материалы для электротехнической промышленности. Тугоплавкие порошковые материалы
2.2.14	Прикладная термодинамика и кинетика металлургических процессов
2.2.15	Производство прямовосстановленного железа
2.2.16	Промышленная экология и технологии декарбонизации
2.2.17	Разливка стали и спецэлектрометаллургия
2.2.18	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства благородных металлов
2.2.19	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства меди, никеля и сопутствующих элементов
2.2.20	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства тугоплавких и рассеянных редких металлов
2.2.21	СВС-технологии получения неорганических материалов
2.2.22	Современные производственные технологии
2.2.23	Теплоэнергетика и вторичные энергоресурсы
2.2.24	Технологии Big Data
2.2.25	Технология промышленных процессов деформационной обработки металлов и сплавов
2.2.26	Цифровое моделирование процессов и инструмента ОМД
2.2.27	Экодизайн и зеленые технологии

2.2.28	Экология литейного производства
2.2.29	Аддитивные технологии в литейном производстве
2.2.30	Анализ данных и аналитика в принятии решений
2.2.31	Аффинаж благородных металлов
2.2.32	Защита интеллектуальной собственности и патентоведение
2.2.33	Инженерия биоповерхностей
2.2.34	Инновационное производство высоколегированной стали и сплавов
2.2.35	Конструирование и моделирование металлических материалов
2.2.36	Материалы на основе углерода
2.2.37	Металловедение, часть 3
2.2.38	Металлургические методы переработки промышленных и бытовых отходов
2.2.39	Методы и инструменты бережливого производства
2.2.40	Моделирование литейных процессов
2.2.41	Обеспечение единства измерений трибологических и механических свойств
2.2.42	Обращение со шлаками и шламами
2.2.43	Планирование эксперимента
2.2.44	Разработка и реализация предпринимательских проектов
2.2.45	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства алюминия и магния
2.2.46	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства редкоземельных и радиоактивных металлов
2.2.47	Совмещенные процессы деформационно-термической обработки
2.2.48	Термодинамические расчеты многокомпонентных диаграмм состояния
2.2.49	Техногенное сырье и вторичные ресурсы
2.2.50	Технологические основы аддитивного производства и специальной электротехнологии
2.2.51	Экологическая экспертиза
2.2.52	Научно-исследовательская работа
2.2.53	Научно-исследовательская работа
2.2.54	Научно-исследовательская работа
2.2.55	Научно-исследовательская работа
2.2.56	Научно-исследовательская работа
2.2.57	Научно-исследовательская работа
2.2.58	Научно-исследовательская работа
2.2.59	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.60	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.61	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.62	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.63	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.64	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.65	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.66	Комплексное использование сырья и отходов глиноземной промышленности

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

#### **ПК-3: Способен разрабатывать предложения по внедрению в производство новой техники и технологий**

##### **Знать:**

ПК-3-31 основные теории термодинамики фазовых и межфазных равновесий, а также основные принципы термодинамического описания фазовых диаграмм однокомпонентных и многокомпонентных систем

#### **ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов**

##### **Знать:**

ПК-2-31 теоретические основы термодинамического описания и анализа фазовых диаграмм однокомпонентных и многокомпонентных систем

##### **Уметь:**

ПК-2-У1 применять аппарат равновесной химической термодинамики для практических целей современного материаловедения

##### **Владеть:**

ПК-2-В1 Владеть навыками построения равновесных фазовых диаграмм по экспериментальным данным

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ**

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Фазовые диаграммы</b>							
1.1	ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ КАК БАНК ДАННЫХ ФАЗОВЫХ СОСТАВОВ И ПРЕВРАЩЕНИЙ СПЛАВОВ /Лек/	9	8	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3			
1.2	Однокомпонентные системы /Пр/	9	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3			
1.3	Двухкомпонентные изоморфные системы /Пр/	9	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2			
1.4	Двухкомпонентные эвтектические системы /Пр/	9	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.2 Л1.3			
1.5	Двухкомпонентные эвтектоидные системы . /Лек/	9	10	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2			
1.6	Двухкомпонентные монотектические системы /Лек/	9	6	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3			
1.7	Конгруэнтное превращение в сплавах /Пр/	9	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2			
1.8	Двухкомпонентные перитектические системы /Пр/	9	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3			
1.9	Двухкомпонентные перитектоидные системы /Лек/	9	20	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3			
1.10	Двойные синтетические системы /Лек/	9	10	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3			
1.11	Сложные двухкомпонентные диаграммы /Лек/	9	10	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3			
1.12	Трехкомпонентные изоморфные системы /Лек/	9	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3			
1.13	Тройное трехфазное равновесие /Пр/	9	8	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3			
1.14	Многокомпонентные системы /Пр/	9	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2			
1.15	Экспериментальное построение диаграмм равновесия /Пр/	9	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.3		КМ1	Р1
1.16	Самостоятельная работа. Выполнение домашней работы /Ср/	9	42	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3			Р1

**5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

<b>5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки</b>			
Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Зачет с оценкой	ПК-2-31;ПК-2-В1;ПК-3-31;ПК-2-У1	1. Термодинамика некоторых металлургических равновесий. 2. Термодинамические функции смешения. 3. Использование полиномов для выражения концентрационных зависимостей термодинамических функций. 4. Тройные фазовые равновесия. 5. Четырехфазные равновесия. 6. Поверхностные избыточные характеристики и положение поверхности раздела. 10 7. Устойчивость фаз в однокомпонентных системах. 8. Общая термодинамическая характеристика фазовых диаграмм. 9. Условия равновесия в гетерогенной системе. 10. Многокомпонентные растворы. 11. Полиморфизм: энантиотропия, монотропия
<b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)</b>			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Домашняя работа	ПК-2-31;ПК-2-В1;ПК-2-У1;ПК-3-31	Построение диаграмм по экспериментальным данным
<b>5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)</b>			
<b>5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)</b>			

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Поздняков Андрей Владимирович, Михайловская Анастасия Владимировна, Яковцева Ольга Анатольевна, др.	Материаловедение. Фазовые диаграммы двухкомпонентных систем: учеб. пособие	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2016
Л1.2	Люпис К., Ватолин Н. А., Стомахин А. Я.	Химическая термодинамика материалов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1989
Л1.3	Новиков В. Ю., Оленин Валерий Владимирович	Металлография: Разд.: Диаграммы фазового равновесия тройных систем и формирование структуры сплавов: курс лекций для студ. спец. 11.04, 11.05, 11.07	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1989

#### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr
П.2	ThermoCalc

#### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

<b>7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ</b>		
Ауд.	Назначение	Оснащение
А-414	Учебная аудитория	Лаборатория "Технологических измерений и приборов"
А-414	Учебная аудитория	Лаборатория "Технологических измерений и приборов"
А-516	Учебная аудитория	комплект учебной мебели на 15 рабочих мест, 3 из которых оборудованы персональными компьютерами с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, доска с маркерами. В аудитории в свободном доступе находятся учебники по специальности, учебно-методические материалы, разработанные на кафедре МЗМ, и профильные научные журналы

**8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

--