



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИММиМ  
А.С. Савинов

03.03.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ**

Направление подготовки (специальность)  
18.03.01 Химическая технология

Направленность (профиль/специализация) программы  
Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
очная

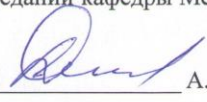
|                     |                                                           |
|---------------------|-----------------------------------------------------------|
| Институт/ факультет | Институт металлургии, машиностроения и материалообработки |
| Кафедра             | Металлургии и химических технологий                       |
| Курс                | 2                                                         |
| Семестр             | 4                                                         |

Магнитогорск  
2021 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология (приказ Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 922)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

10.02.2021, протокол № 5

Зав. кафедрой  А.С. Харченко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ

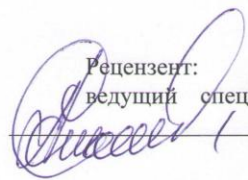
03.03.2021 г. протокол № 4

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:

профессор кафедры МиХТ, д-р физ.-мат. наук  А.Н. Смирнов

Рецензент:

 ведущий специалист НТЦ ГАДП ПАО ММК МиХТ, канд. техн. наук  
Е.Н. Степанов



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИММиМ  
А.С. Савинов

03.03.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ***

Направление подготовки (специальность)  
18.03.01 Химическая технология

Направленность (профиль/специализация) программы  
Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
очная

|                     |                                                           |
|---------------------|-----------------------------------------------------------|
| Институт/ факультет | Институт металлургии, машиностроения и материалообработки |
| Кафедра             | Металлургии и химических технологий                       |
| Курс                | 2                                                         |
| Семестр             | 4                                                         |

Магнитогорск  
2021 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология (приказ Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 922)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Metallургии и химических технологий

10.02.2021, протокол № 5

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ

03.03.2021 г. протокол № 4

Председатель \_\_\_\_\_ А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:

профессор кафедры МиХТ, д-р физ.-мат. наук  
\_\_\_\_\_ А.Н.Смирнов

Рецензент:

ведущий специалист НТЦ ГАДП ПАО ММК , канд. техн. наук  
\_\_\_\_\_ Е.Н. Степанов

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от \_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от \_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от \_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от \_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

являются:

- изучение современных методов исследования структуры и физико - химических свойств металлических и оксидных расплавов;
- изучение процессов фазовых превращений в металлических системах;

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Физико-химические основы металлургических процессов входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Физическая химия

Математика

Физика

Техническая термодинамика и теплотехника

Общая и неорганическая химия

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Теоретические основы химической технологии топлива и углеродных материалов

Химическая технология топлива и углеродных материалов

Коксование углей

Подготовка углей для коксования

Применение топлива в металлургическом процессе

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Физико-химические основы металлургических процессов» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции                                                                                                       |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-2          | Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности |
| ОПК-2.1        | Использует математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности            |
| ОПК-2.2        | Выбирает математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности              |

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц 180 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 76,1 акад. часов;
- аудиторная – 72 акад. часов;
- внеаудиторная – 4,1 акад. часов;
- самостоятельная работа – 68,2 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен

| Раздел/ тема дисциплины                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Семестр | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) |           |             | Самостоятельная работа студента | Вид самостоятельной работы                                                                                                                                                                                                  | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации                                                                                                                     | Код компетенции  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------------------------------------|-----------|-------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |         | Лек.                                         | лаб. зан. | практ. зан. |                                 |                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                     |                  |
| 1.                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |         |                                              |           |             |                                 |                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                     |                  |
| 1.1 1.Термодинамика и кинетика реакций горения в газовой фазе, гетерогенные реакции<br><br>1.1. Анализ равновесия реакций горения водорода и монооксида углерода, Кислородный потенциал газовой фазы. Реакция водяного газа.<br>1.2. Кинетика и механизм реакций горения. Термодинамика реакций горения углерода | 4       | 8                                            |           | 4/2,4И      | 10                              | Выполнение индивидуального задания №1<br>Разработка алгоритма выполнения решения задачи<br>Выполнение индивидуального задания №1<br>Разработка алгоритма выполнения решения задачи<br>Выполнение индивидуального задания №1 | Проверка и защита индивидуального задания № 1.<br>Решение задач<br>Проверка и защита индивидуального задания № 1<br>Проверка и защита индивидуального задания № 1.<br>Решение задач | ОПК-2.1, ОПК-2.2 |
| 1.2 2. Термодинамический анализ процессов термической диссоциации химических соединений<br>2.1. Диссоциация карбонатов и окислов<br>2.2. Кинетика, механизм процесса диссоциации карбонатов                                                                                                                      |         | 8                                            | 6/2И      | 4           | 15                              | Подготовка к лабораторной работе №1<br>Подготовка к лабораторной работе №2 и отчета по лабораторной работе №1<br>Разработка алгоритма выполнения решения задачи<br>Подготовка отчета по лабораторной работе №2              | Выполнение и обсуждение данных лабораторной работы № 1<br>Защита лабораторной работы №1.<br>Решение задач<br>Защита лабораторной работы № 2                                         | ОПК-2.1, ОПК-2.2 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |    |        |         |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----|--------|---------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 1.3 3. Механизм и основные кинетические закономерности процессов окисления металлов<br>3.1. Общая характеристика восстановительно-окислительных реакций. Механизм и кинетика восстановления оксидов<br>3.2. Термодинамика восстановления металлов газами<br>3.3. Восстановление оксидов металла водородом и оксидом углерода<br>3.4 Карбо - металлотермическое восстановление оксидов |  | 8  | 6/4И   | 6       | 17   | Подготовка к лабораторной работе №3<br>Разработка алгоритма выполнения решения задачи<br>Самостоятельное изучение учебной и научной литературы<br>Подготовка отчета по лабораторной работе №3<br>Самостоятельное изучение учебной и научной литературы                             | Выполнение и обсуждение данных лабораторной работы № 3.<br>Решение задач<br>Проверка и обсуждение результатов лабораторной работы №3 и выводов по работе.<br>Собеседование.<br>Защита лабораторной работы № 3<br>Собеседование.                                                                 | ОПК-2.1,<br>ОПК-2.2 |
| 1.4 4. Металлургические расплавы<br>4.1 Активность компонентов в растворах.<br>4.2.Металлургические шлаки. Теории (модели) металлургических расплавов<br>4.3. Сущность окислительного рафинирования железных сплавов                                                                                                                                                                  |  | 6  | 6/6И   | 3       | 12   | Выполнение индивидуального домашнего задания №2<br>Разработка алгоритма выполнения решения задачи<br>Подготовка к лабораторной работе №4<br>Самостоятельное изучение учебной и научной литературы                                                                                  | Собеседование по содержанию и выполнению индивидуального домашнего задания №2.<br>Решение задач<br>Выполнение и обсуждение данных лабораторной работы № 4<br>Защита лабораторной работы № 4                                                                                                     | ОПК-2.1,<br>ОПК-2.2 |
| 1.5 5. Процессы дефосфорации, десульфурации в железных сплавах. Раскисление металлов. Поверхностные явления в металлургических<br>5.1 Процессы дефосфорации, десульфурации в железных сплавах<br>5.2 Раскисление металлов<br>5.3 Поверхностно активные вещества                                                                                                                       |  | 6  |        | 1       | 14,2 | Самостоятельное изучение учебной и научной литературы<br>Разработка алгоритма выполнения решения задачи<br>Самостоятельное изучение учебной и научной литературы<br>Самостоятельное изучение учебной и научной литературы<br>Самостоятельное изучение учебной и научной литературы | Проверка и защита индивидуального задания № 2.<br>Решение задач<br>Собеседование по теме растворимость газов в металле<br>Собеседование по теме способы рафинирования металла от неметаллических включений.<br>Решение задач<br>Собеседование по теме поверхностное натяжение шлаков и железных | ОПК-2.1,<br>ОПК-2.2 |
| Итого по разделу                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  | 36 | 18/12И | 18/2,4И | 68,2 |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                     |
| Итого за семестр                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  | 36 | 18/12И | 18/2,4И | 68,2 |                                                                                                                                                                                                                                                                                    | экзамен                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                     |

|                     |    |        |             |      |  |         |  |
|---------------------|----|--------|-------------|------|--|---------|--|
| Итого по дисциплине | 36 | 18/12И | 18/2,4<br>И | 68,2 |  | экзамен |  |
|---------------------|----|--------|-------------|------|--|---------|--|

## 5 Образовательные технологии

Цели, поставленные при изучении курса, достигаются за счет комплексного подхода к обучению студентов, основанного на сочетании теоретического курса, лабораторных занятий и самостоятельной познавательной деятельности студентов. Изучение теоретического курса проводится в специализированных лекционных аудиториях с использованием видеотехники, позволяющей транслировать через монитор рисунки, схемы, модели, которые в значительной степени облегчают понимание курса.

Занятия проводятся с применением традиционной и модульно-компетентностной технологий с использованием Интернет-ресурсов.

Лекции проходят как в традиционной форме, в виде презентаций, так и в форме лекций-информаций, ориентированных на изложение и объяснение студентам научной информации, подлежащей осмыслению и запоминанию, лекций-консультаций, где теоретический материал заранее выдается студентам для самостоятельного изучения, для подготовки вопросов лектору, таким образом, лекция проходит по типу вопросы-ответы-дискуссия.

Лекционный материал закрепляется в ходе практических занятий и лабораторных работ, на которых выполняются групповые или индивидуальные задания по пройденной теме. На практических и лабораторных занятиях студенты приобретают навыки исследовательской деятельности и умения объяснять результаты эксперимента, основываясь на знаниях теоретической части курса. При проведении лабораторных занятий используется метод контекстного обучения, который позволяет усвоить материал путем выявления связей между конкретным знанием и его применением, а также технология модульного обучения и коллективного взаимообучения (парная работа трех видов: статическая пара, динамическая пара, вариационная пара).

Индивидуальная самостоятельная познавательная деятельность студентов заключается в подборе литературы по разделам курса и ее изучении. При этом предусмотрены индивидуальные и групповые консультации по изучаемым разделам курса. В результате изучения данной дисциплины студенты должны приобрести знания, умения и определенный опыт, необходимые для будущей практической деятельности. Самостоятельная работа студентов стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем в процессе выполнения индивидуальных заданий, в процессе подготовки к контрольным работам и итоговой аттестации. Самостоятельная работа студентов направлена на закрепление теоретического материала, изложенного преподавателем, на проработку тем, отведенных на самостоятельное изучение, на подготовку к выполнению и защите лабораторных работ, подготовку к контрольной работе и итоговой аттестации.

В ходе занятий предполагается использование комплекса инновационных методов интерактивного обучения студентов, включающего в себя:

- создание проблемных ситуаций с показательным решением проблемы преподавателем;
- самостоятельную поисковую деятельность в решении учебных проблем, направляемую преподавателем;
- самостоятельное решение проблем студентами под контролем преподавателя.
- проблемное обучение – стимулирование студентов к самостоятельной «добыче» знаний, необходимых для решения конкретной проблемы.
- контекстное обучение – мотивация студентов к усвоению знаний путем выявления связей между конкретным знанием и его применением.
- обучение на основе опыта – активизация познавательной деятельности студентов за счет ассоциации их собственного опыта с предметом изучения.
- индивидуальное обучение – выстраивание студентами собственных

образова-тельных траекторий на основе формирования индивидуальных учебных планов и программ с учетом интересов и предпочтений студентов.

- междисциплинарное обучение – использование знаний из разных областей, их группировка и концентрация в контексте конкретной решаемой задачи.

- опережающая самостоятельная работа – изучение студентами нового материала до его изложения преподавателем на лекции и других аудиторных занятиях.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Термодинамика, кинетика и расчеты металлургических процессов / С.Н. Падерин, Д.И. Рыжонков, Г.В. Серов [и др.]. — Москва : МИСИС, 2010. — 235 с. — ISBN 978-5-87623-312-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117022> (дата обращения: 13.03.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Михайлов, Г. Г. Термодинамика металлургических шлаков : учебное пособие / Г. Г. Михайлов, В. И. Антоненко. — Москва : МИСИС, 2013. — 173 с. — ISBN 978-5-87623-729-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/47475> (дата обращения: 25.03.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Основы металлургического производства : учебник / В.А. Бигеев, К.Н. Вдовин, В.М. Колокольцев, В.М. Салганик. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 616 с. — ISBN 978-5-8114-2486-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/90165> (дата обращения: 19.12.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Лузгин, В.П. Теория и технология металлургии стали : учебное пособие / В.П. Лузгин, А.Е. Семин, О.А. Комолова. — Москва : МИСИС, 2010. — 72 с. — ISBN 978-5-87623-346-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/2062> (дата обращения: 19.12.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Панишев Н. В. Новые процессы в металлургии [Текст]: учебное пособие / Н. В. Панишев, С. К. Сибгатуллин; МГТУ. - Магнитогорск: МГТУ, 2015. - 107 с.: ил., табл., схем. - ISBN 978-5-9967-0603-7.

### **в) Методические указания:**

1. Лабораторный практикум по физической химии : учебно-методическое пособие / А. Н. Смирнов, Н. Ю. Свечник, С. В. Юдина, Э. В. Дюльдина ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3177.pdf&show=dcatalogues/1/1136592/3177.pdf&view=true>

2. (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

3. Смирнов, А. Н. Определение активности компонентов металлургических расплавов : методические указания / А. Н. Смирнов, М. А.

Шерстобитов, С. В. Юдина ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2013. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. эк-рана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1244.pdf&show=dcatalogues/1/1123422/1244.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

4. Смирнов, А. Н. Определение свойств глинистого сырья : практикум / А. Н. Смирнов, Н. Ю. Свечникова, С. В. Юдина ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2019. - 1 CD-ROM. - Загл. с титул. эк-рана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3819.pdf&show=dcatalogues/1/1530255/3819.pdf&view=true> (дата обращения: 22.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

#### г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

##### Программное обеспечение

| Наименование ПО                        | № договора              | Срок действия лицензии |
|----------------------------------------|-------------------------|------------------------|
| MS Office 2007 Professional            | № 135 от 17.09.2007     | бессрочно              |
| 7Zip                                   | свободно                | бессрочно              |
| MS Windows 7 Professional(для классов) | Д-1227-18 от 08.10.2018 | 11.10.2021             |

##### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

| Название курса                                                                            | Ссылка                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова                                       | <a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>   |
| Российская Государственная библиотека. Каталоги                                           | <a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a> |
| Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам                    | URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>                                      |
| Поисковая система Академия Google (Google Scholar)                                        | URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>                            |
| Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования | URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>        |
| Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»         | <a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>                                 |

#### 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа (Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации)

Учебная аудитория для проведения практических занятий (Персональные компьютеры с пакетом MS Office, вы-ходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета)

Учебные аудитории для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (Доска, учебные столы, стулья)

Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования (стеллажи для хранения оборудования, методическая литература для учебных занятий)

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

### Содержание теоретического раздела дисциплины

#### (самостоятельное изучение)

1. Классификация металлургических процессов. Основные законы термодинамики. Энергия Гиббса и химический потенциал. Константа химического равновесия и уравнение изотермы реакции. Стандартное изменение энергии Гиббса. Смещение равновесия и правило фаз.

2. Горение оксида углерода. Горение водорода. Реакция водяного газа. Реакция взаимодействия углерода с  $\text{CO}_2$ . Реакции неполного и полного горения углерода. Равновесный состав газа. Воспламенение газовых смесей. Цепные реакции. Кинетика и механизм горения твердого углерода. Основы кинетики гетерогенных процессов. Характеристика диффузионных процессов. Особенности процессов в кинетической и диффузионной областях.

3. Кинетика окисления металлов. Роль диффузии реагентов через окалину и кристаллохимического превращения на границе металл - оксид. Формально-кинетическое уравнение процесса и его анализ. Кинетический и диффузионный режим реакции. Влияние температуры на скорость окисления. Окислительное рафинирование жидких металлов. Последовательность окисления примесей. Термодинамический анализ реакции диссоциации карбонатов. Кинетика процесса диссоциации, особенности кристаллохимического превращения. Автокатализ процесса. Влияние измельчения твердых фаз на термодинамические и кинетические характеристики процесса.

4. Строение и свойства металлургических расплавов. Физико-химический анализ шлаков. Двойные диаграммы состояния шлаковых систем. Диаграмма состояния системы  $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ . Расплавленные шлаки. Молекулярная теория. Вязкость шлаков.

Сера в чугунах и сталях. Процессы десульфурации железных сплавов. Газы (водород и азот) в железных сплавах. Растворимость газов. Кислород в железных сплавах. Неметаллические включения в сталях и технологические способы рафинирования металла от неметаллических включений. Поверхностные явления в металлургических процессах. Поверхностное натяжение шлаков и железных сплавов. Поверхностно-активные вещества.

#### Лабораторные работы:

Лабораторная работа № 1: Термодинамический анализ реакции диссоциации карбоната кальция;

Лабораторная работа № 2: Гравиметрическое исследование кинетики диссоциации карбоната кальция;

Лабораторная работа № 3: Гравиметрическое исследование макрокинетики окисления железа;

Лабораторная работа № 4: Определение электропроводности шлакового расплава.

#### Формулировка индивидуального задания №1

1. Для реакции водяного газа  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$  определить возможное направление реакции и равновесный состав газа при температурах: 700, 800, 900 и 1000° С, если исходная газовая смесь содержит 23% CO и 27% H<sub>2</sub>O, 20% CO<sub>2</sub> и 30% H<sub>2</sub>.
2. Определить равновесный состав газа в реакции Бела-Будуара  $\text{C}_{\text{тв}} + \text{CO}_2 = 2\text{CO}$

### Формулировка индивидуального задания №2

#### Задача 1

Определить активность оксида железа FeO в поликомпонентном шлаке (таб. 1).

Таблица 1

Состав шлакового расплава мас. %

| Вариант | CaO  | MgO | MnO | FeO  | SiO <sub>2</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |
|---------|------|-----|-----|------|------------------|-------------------------------|
| 1       | 40,0 | 5,0 | 3,0 | 25,0 | 25,0             | 2,0                           |

#### Задача 2

Определить активность компонентов в сплавах на основе железа (табл. 2,3).

Таблица 2

Химический состав железных сплавов (масс.%)

| Вариант | C    | Si   | Mn   | Cr   | S     | P     | O     |
|---------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 2       | 0,08 | 0,30 | 0,40 | 0,15 | 0,045 | 0,035 | 0,047 |

Таблица3

Параметры взаимодействия  $\epsilon_i^j$  компонентов сплавов на основе железа

при 1600 °С

| Элемент<br>i | Элемент J |      |        |         |        |         |        |
|--------------|-----------|------|--------|---------|--------|---------|--------|
|              | C         | Si   | Mn     | Cr      | S      | P       | O      |
| C            | 0,14      | 0,08 | -0,012 | -0,024  | 0,046  | 0,051   | -0,34  |
| Si           | 0,18      | 0,11 | 0,002  | -0,0003 | 0,056  | 0,11    | -0,23  |
| Mn           | -0,07     | 0    | 0      | 0       | -0,048 | -0,0035 | -0,083 |

|    |       |         |        |         |        |        |        |
|----|-------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|
| Cr | -0,12 | -0,0043 | 0      | -0,0003 | -0,020 | -0,053 | -0,014 |
| S  | 0,11  | 0,063   | -0,026 | -0,011  | -0,028 | 0,29   | -0,27  |
| P  | 0,13  | 0,12    | 0      | -0,03   | 0,028  | 0,062  | 0,13   |
| O  | -0,45 | -0,131  | -0,021 | -0,04   | -0,133 | 0,07   | -0,20  |

## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

## а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

| Код индикатора                                                                                                                                       | Индикатор достижения компетенции                                                                                            | Оценочные средства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ОПК-2: Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности</b> |                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| ОПК-2.1                                                                                                                                              | Использует математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности | <p>1. В каких технологических процессах происходит термическая диссоциация <math>\text{CaCO}_3</math>?</p> <p>2. Дайте определение термину «упругость диссоциации карбоната».</p> <p>3. В чем заключается отличие констант равновесия <math>K_a</math> и <math>K_p</math>?</p> <p>4. В каком случае значения <math>K_p</math> и упругости диссоциации <math>\text{CaCO}_3</math> численно совпадают?</p> <p>5. С какой целью перед опытом вакуумируют рабочую установку?</p> <p>6. Термодинамика образования и диссоциация карбонатов; температуры начала.</p> <p>7. Термодинамика горения твердого топлива</p> <p>8. Как влияет степень дисперсности карбоната и извести на упругость диссоциации <math>\text{CaCO}_3</math>.</p> <p>9. Какие реакции называют топохимическими?</p> <p>10. Какие металлургические процессы являются топохимическими реакциями?</p> <p>11. Какие химические реакции протекают по автокаталитическому механизму? Что</p> |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции | Оценочные средства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                |                                  | <p>является катализатором таких процессов?</p> <p>12. Распределение компонентов между металлом и шлаком; константа и коэффициент распределения</p> <p>13. Объясните изменение скорости топохимических процессов на примере выполненной работы.</p> <p>14. Каков механизм диссоциации карбоната кальция?</p> <p>15. Расскажите о методике определения скорости диссоциации карбоната кальция, примененной в данном опыте.</p> <p>16. В чем заключаются различия гомогенных и гетерогенных реакций?</p> <p>17. Из каких стадий складываются гетерогенные реакции?</p> <p>18. Что называют режимом гетерогенной реакции?</p> <p>19. Каковы особенности протекания реакций в различных режимах реагирования?</p> <p>20. Как изменяется толщина пленки окалина при окислении металлов в различных режимах реагирования?</p> <p>21. В чем сущность гравиметрического метода исследования окисления металлов?</p> <p>22. Какова структура железной окалина и от каких факторов она зависит?</p> <p>23. Что такое вюстит и какова его роль в окислении железных сплавов?</p> <p>24. Сформулируйте принцип жаростойкости железных сплавов.</p> <p>25. Дайте определения константы скорости реакции и коэффициента диффузии.</p> <p>26. В чем заключается реакционная диффузия и как она проявляется при окислении железа?</p> <p>27. Каковы основные компоненты металлургических шлаков?</p> <p>28. Как определяют удельную электрическую проводимость расплавов?</p> <p>29. Что такое энергия активации электропереноса, и как она может быть определена?</p> <p>31. Каковы экспериментальные доказательства ионного строения шлаков?</p> |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции                                                                                          | Оценочные средства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                               |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
|                |                                                                                                                           | 32.Дайте определение понятия "динамическая вязкость" расплава.<br>33.Дайте определение понятия "кинематическая вязкость " расплава.<br>34.Из каких частиц состоят металлургические шлаки?<br>35.Какие частицы контролируют вязкое течение в шлаках?<br>36.Как определяют вязкость шлаковых и металлических расплавов?<br>37.Что такое энергия активации вязкого течения, и как она может быть определена?<br>38.Что может быть причиной криволинейного характера изменения вязкости с температурой в координатах $\ln \eta - 1/T$ ?<br>39.Каковы основные компоненты металлургических шлаков?<br>40.Каковы экспериментальные доказательства ионного строения шлаков?<br>41.Дайте определение понятия "удельная электрическая электропроводность".<br>42.Из каких частиц состоят металлургические шлаки?<br>— |                         |                               |
| ОПК-2.2        | Выбирает математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности | <b>Задача 1.</b><br>Для реакции: $C_{(т)} + CO2_{(г)} = 2CO_{(г)}$ уравнение зависимости константы равновесия от температуры которой имеет вид:<br>$\lg K_p = -\frac{9001}{T} + 9,28$<br>определить равновесный состав газа в зависимости от температуры и давления (табл.). Полученные значения представить в виде таблицы и графика.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                               |
|                |                                                                                                                           | Вариант                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Температура $^{\circ}C$ | Состав исходной газовой смеси |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции | Оценочные средства                                                                                                                            |                |      |      |      |      |                 |      |      |      |
|----------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|------|------|------|-----------------|------|------|------|
|                |                                  |                                                                                                                                               |                |      |      |      |      | % CO            | %H2O | %CO2 | % H2 |
|                |                                  | 1                                                                                                                                             | 500            | 600  | 700  | 800  | 900  | 5               | 15   | 35   | 45   |
|                |                                  | 2                                                                                                                                             | 550            | 650  | 750  | 850  | 950  | 10              | 20   | 40   | 30   |
|                |                                  | 3                                                                                                                                             | 1000           | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 | 15              | 25   | 45   | 15   |
|                |                                  | Задача 2. Для реакции:                                                                                                                        |                |      |      |      |      |                 |      |      |      |
|                |                                  | $C_{(т)} + CO_{2(г)} = 2CO_{(г)}$                                                                                                             |                |      |      |      |      |                 |      |      |      |
|                |                                  | уравнение зависимости константы равновесия от температуры имеет вид:                                                                          |                |      |      |      |      |                 |      |      |      |
|                |                                  | $\lg K_p = -\frac{8916}{T} + 9,11$                                                                                                            |                |      |      |      |      |                 |      |      |      |
|                |                                  | определить равновесный состав газа в зависимости от температуры и давления (табл.). Полученные значения представить в виде таблицы и графика. |                |      |      |      |      |                 |      |      |      |
|                |                                  | Вариант                                                                                                                                       | Температура °С |      |      |      |      | Давление (атм.) |      |      |      |
| 1              | 500                              | 600                                                                                                                                           | 700            | 800  | 900  | 5    | 15   | 35              | 45   |      |      |
| 2              | 550                              | 650                                                                                                                                           | 750            | 850  | 950  | 10   | 20   | 40              | 30   |      |      |
| 3              | 1000                             | 1050                                                                                                                                          | 1100           | 1150 | 1200 | 15   | 25   | 45              | 15   |      |      |
| Задача 3       |                                  |                                                                                                                                               |                |      |      |      |      |                 |      |      |      |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции | Оценочные средства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |         |      |                  |                               |     |                  |                               |   |      |     |     |      |      |     |
|----------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------|------------------|-------------------------------|-----|------------------|-------------------------------|---|------|-----|-----|------|------|-----|
|                |                                  | <p>Определить активность оксида железа FeO в поликомпонентном шлаке (таб. 1).</p> <p>Таблица 1</p> <p>Состав шлакового расплава мас. %</p> <table><tr><td>Вариант</td><td>CaO</td><td>MgO</td><td>MnO</td><td>FeO</td><td>SiO<sub>2</sub></td><td>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></td></tr><tr><td>1</td><td>40,0</td><td>5,0</td><td>3,0</td><td>25,0</td><td>25,0</td><td>2,0</td></tr></table> <p>—</p> | Вариант | CaO  | MgO              | MnO                           | FeO | SiO <sub>2</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 1 | 40,0 | 5,0 | 3,0 | 25,0 | 25,0 | 2,0 |
| Вариант        | CaO                              | MgO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | MnO     | FeO  | SiO <sub>2</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |     |                  |                               |   |      |     |     |      |      |     |
| 1              | 40,0                             | 5,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 3,0     | 25,0 | 25,0             | 2,0                           |     |                  |                               |   |      |     |     |      |      |     |

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме **экзамена**.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

**Показатели и критерии оценивания экзамена:**

- на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
- на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
- на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.