



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

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

Направление подготовки (специальность)  
18.03.01 ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Направленность (профиль/специализация) программы  
Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

Уровень высшего образования - бакалавриат  
Программа подготовки - академический бакалавриат

Форма обучения  
заочная

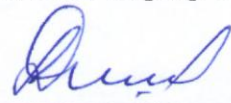
|                     |  |
|---------------------|--|
| Институт/ факультет | Институт металлургии, машиностроения и материалобработки |
| Кафедра             | Металлургии и химических технологий                      |
| Курс                | 4  |

Магнитогорск  
2019 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 11.08.2016 г. № 1005)

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

18.02.2020, протокол № 6


Зав. кафедрой  А.С. Харченко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ

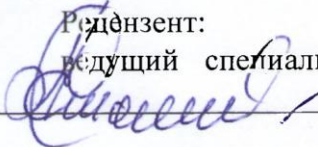
20.03.2020 г. протокол № 5

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

## Лист актуализации рабочей программы

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2020 - 2021 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от 31.08.2020 г. № 1  
Зав. кафедрой А.С. Харченко

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 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 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

### **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;
- изучение процессов фазовых превращений в металлических системах;
- приобретение навыков применения теоретических разработок к практическим за-дачам исследовательской деятельности;
- дать обучающим основы знаний в области высокотемпературных металлурги-ческих процессов;
- обеспечить подготовку к усвоению профилирующих дисциплин и самостоятель-ной инженерной деятельности.

В процессе обучения по данной дисциплине студент получает знания, приобретает умения и навыки проведения расчетов при решении физико-химических задач, знакомится с приборами и оборудованием, применяемым при научных исследованиях.

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

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

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

химии, физики, математики, информатики, физической химии.

Знания (умения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения последующих дисциплин: химические реакторы, физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов, моделирование химико-технологических процессов, учебно- исследовательская работа студента.

### **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:

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения  |
|---------------------------------|--|
| ОПК-1                           | способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности   |
| Знать                           | - базовую терминологию, основные понятия и законы, их математическое выражение;<br>- классификации и сущность методов анализа; теоретические основы и принципы термодинамических методов анализа; основные законы термо-динамики металлургических процессов;<br>- методы исследования и условия проведения экспериментов и анализов; основные экспериментальные и расчетные методы определения термоди-намических характеристик. |

|  |   |
|--|---|
| Уметь  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- самостоятельно формулировать задачу физико-химического исследования в химических системах; пользуясь полученными знаниями, уметь выбирать оптимальные пути и методы решения поставленных задач;</li> <li>- проводить физико-химические исследования систем и процессов с использованием современных методов и приборов; проводить физико-химические расчеты;</li> <li>- проводить физико-химические исследования систем и процессов с использованием современных методов и приборов; проводить физико-химические расчеты.</li> </ul>   |
| Владеть  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- практическим применением важнейших современных теоретических, термодинамических методов; навыками ведения поиска необходимых знаний по литературным и другим источникам;</li> <li>- методами экспериментального исследования; определения состава систем, методами предсказания протекания возможных химических реакций;</li> <li>- методиками расчетов кинетики процессов в металлургических системах; приемами оценки результатов эксперимента; навыками самостоятельной работы</li> </ul>   |
| <p>ПК-16 способностью планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p> |   |
| Знать  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные положения общей химии; основные законы физической химии, а также способы их применения для решения теоретических и прикладных задач;</li> <li>- теоретические основы химических и физико-химических процессов, лежащих в основе металлургического производства;</li> <li>- основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики; влияние основных законов термодинамики и химической кинетики на процессы в металлургии</li> </ul>  |
| Уметь  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать основные химические законы и понятия, термодинамические справочные данные; применять методы математического анализа и моделирования;</li> <li>- уметь сочетать теорию и практику для решения инженерных задач; проводить термодинамические расчеты металлургических процессов, на основе практических данных;</li> <li>- графически отображать полученные зависимости; анализировать и обсуждать результаты физико-химических исследований; вести научную дискуссию по вопросам физико-химическим основам металлургических процессов, проводить математическую интерпретацию полученных результатов и определять наиболее значимые факторы</li> </ul> |

|         |  |
|---------|--|
| Владеть | <ul style="list-style-type: none"><li>- использовать основные химические законы и понятия, термодинамические справочные данные; применять методы математического анализа и моделирования;</li><li>- уметь сочетать теорию и практику для решения инженерных задач; проводить термодинамические расчеты металлургических процессов, на основе практических данных;</li><li>- графически отображать полученные зависимости; анализировать и обсуждать результаты физико-химических исследований; вести научную дискуссию по вопросам физическо-химическим основам металлургических процессов, проводить математическую интерпретацию полученных результатов и определять наиболее значимые факторы</li></ul> |
|---------|--|

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 14,9 академических часов;
- аудиторная – 12 академических часов;
- внеаудиторная – 2,9 академических часов
- самостоятельная работа – 120,4 академических часов;
- подготовка к экзамену – 8,7 академических часов

Форма аттестации - экзамен

| Раздел/ тема дисциплины  | Курс | Аудиторная контактная работа (в академических часах) |           |             | Самостоятельная работа студента | Вид самостоятельной работы   | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации  | Код компетенции |
|--|------|--|-----------|-------------|---------------------------------|--|--|-----------------|
|  |      | Лек.   | лаб. зан. | практ. зан. |                                 |  |  |                 |
| 1.   |      |  |           |             |                                 |  |  |                 |
| <p>1.1 1.1 1. Термодинамика и кинетика реакций горения в газовой фазе, гетерогенные реакции</p> <p>1.1. Анализ равновесия реакций горения водорода и монооксида углерода, Кислородный потенциал газовой фазы. Реакция водяного газа.</p> <p>1.2. Кинетика и механизм реакций горения. Термодинамика реакций горения углерода</p> | 4    | 1  |           | 1/И         | 22                              | <p>Выполнение индивидуального задания №1</p> <p>Разработка алгоритма выполнения решения задачи</p> <p>Выполнение индивидуального задания №1</p> <p>Разработка алгоритма выполнения решения задачи</p> <p>Выполнение индивидуального задания №1</p> | <p>Проверка и защита индивидуального задания № 1.</p> <p>Решение задач</p> <p>Проверка и защита индивидуального задания № 1</p> <p>Проверка и защита индивидуального задания № 1.</p> <p>Решение задач</p> |                 |
| <p>1.2 .2 2. Термодинамический анализ процессов термической диссоциации химических соединений</p> <p>2.1. Диссоциация карбонатов и окислов</p> <p>2.2. Кинетика, механизм процесса диссоциации карбонатов</p>  |      | 1  | 2         |             | 26                              | <p>Подготовка к лабораторной работе №1</p> <p>Подготовка к лабораторной работе №2 и отчета по лабораторной работе №1</p> <p>Разработка алгоритма выполнения решения задачи</p> <p>Подготовка отчета по лабораторной работе №2</p>                  | <p>Выполнение и обсуждение данных лабораторной работы № 1</p> <p>Защита лабораторной работы №1.</p> <p>Решение задач</p> <p>Защита лабораторной работы № 2</p>   |                 |

|  |   |   |      |       |  |   |  |
|--|---|---|------|-------|--|---|--|
| 1.3 1.3 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 | 1 | 1 |      | 20    | 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  |  |
| 1.4 .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  | 1 | 1 |      | 28    | Выполнение индивидуального 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 задания №2.<br>Решение задач<br><br>Выполнение и обсуждение данных лабораторной работы № 4<br>Защита лабораторной работы № 4   |  |
| 1.5 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  |   |   | 3/5И | 24,4  | 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                              | Проверка и защита индивидуального задания № 2.<br>Решение задач<br>Собеседование по теме растворимость газов в металле<br><br>Собеседование по теме способы рафинирования металла от неметаллических включений.<br>Решение задач<br>Собеседование по теме поверхностное натяжение шлаков и железных |  |
| Итого по разделу   | 4 | 4 | 4/6И | 120,4 |  |   |  |
| Итого за семестр   | 4 | 4 | 4/6И | 120,4 |  | экзамен   |  |
| Итого по дисциплине  | 4 | 4 | 4/6И | 120,4 |  | 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 про-грамм 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. Основы металлургического производства : учебник / В.А. Бигеев, К.Н. Вдовин, В.М. Колокольников, 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>.

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> .

### **б) Дополнительная 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>.

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>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **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. 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> .

3. 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. Но-сова. - 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>.

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

##### Программное обеспечение

| Наименование ПО                        | № договора                      | Срок действия лицензии |
|--|---------------------------------|------------------------|
| 7Zip                                   | свободно                        | бессрочно              |
| Adobe Audition CS 5.5 Academic Edition | К-615-11 от 12.12.2011          | бессрочно              |
| FAR Manager                            | свободно<br>распространяемое ПО | бессрочно              |
| MS Office 2007 Professional            | № 135 от 17.09.2007             | 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  |
|--|---|
| Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»                | <a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>                                 |
| Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) | URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>        |
| Поисковая система Академия Google (Google Scholar)   | URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>                            |
| Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам                           | URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>                                      |
| Российская Государственная библиотека. Каталоги  | <a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a> |
| 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>   |

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

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

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)

**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 CO<sub>2</sub>. 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 CaO—Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>—SiO<sub>2</sub>. 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**

Для реакции водяного газа  $CO + H_2O = CO_2 + H_2$  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>.

Определить равновесный состав газа в реакции Бела-Будуара  $C_{тв} + CO_2 = 2CO$

## 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 |

Таблица 3

Параметры взаимодействия  $\epsilon_{ij}$  компонентов сплавов на основе железа при 1600 °C

| 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  |

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

| Структурный элемент компетенции  | Планируемые результаты обучения   | Оценочные средства  |
|--|---|---|
| ОПК-1 способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности |   |   |
| Знать  | <p>- базовую терминологию, основные понятия и законы, их математическое выражение;</p> <p>- классификации и сущность методов анализа; теоретические основы и принципы термодинамических методов анализа; основные законы термодинамики металлургических процессов;</p> <p>- методы исследования и условия проведения экспериментов и анализов; основные экспериментальные и расчетные методы определения термодинамических характеристик.</p> | <p><b>Список вопросов для проведения экзамена по дисциплине «Физико-химические основы металлургических процессов»</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. В каких технологических процессах происходит термическая диссоциация <math>\text{CaCO}_3</math>?</li> <li>2. Дайте определение термину «упругость диссоциации карбоната».</li> <li>3. В чем заключается отличие констант равновесия <math>K_a</math> и <math>K_p</math>?</li> <li>4. В каком случае значения <math>K_p</math> и упругости диссоциации <math>\text{CaCO}_3</math> численно совпадают?</li> <li>5. С какой целью перед опытом вакуумируют рабочую установку?</li> <li>6. Термодинамика образования и диссоциация карбонатов; температуры начала.</li> <li>7. Термодинамика горения твердого топлива</li> <li>8. Как влияет степень дисперсности карбоната и известняка на упругость диссоциации <math>\text{CaCO}_3</math>.</li> <li>9. Какие реакции называют топохимическими?</li> <li>10. Какие металлургические процессы являются топохимическими реакциями?</li> <li>11. Какие химические реакции протекают по автокаталитическому механизму? Что является катализатором таких процессов?</li> <li>12. Что такое кристаллическая решетка, и какие характеристики кристаллической решетки Вы знаете?</li> <li>13. Распределение компонентов между металлом и шлаком; константа и коэффициент распределения</li> <li>14. Объясните изменение скорости топохимических процессов на примере выполненной работы.</li> <li>15. Каков механизм диссоциации карбоната кальция?</li> <li>16. Расскажите о методике определения скорости диссоциации карбоната кальция, примененной в данном опыте.</li> <li>17. В чем заключаются различия гомогенных и гетерогенных реакций?</li> <li>18. Из каких стадий складываются гетерогенные</li> </ol> |

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения | Оценочные средства   |
|---------------------------------|---------------------------------|--|
|                                 |                                 | <p>реакции?</p> <p>19. Что называют режимом гетерогенной реакции?</p> <p>20. Каковы особенности протекания реакций в различных режимах реагирования?</p> <p>21. Как изменяется толщина пленки окислы при окислении металлов в различных режимах реагирования?</p> <p>22. В чем сущность гравиметрического метода исследования окисления металлов?</p> <p>23. Какова структура железной окислы и от каких факторов она зависит?</p> <p>24. Что такое вюстит и какова его роль в окислении железных сплавов?</p> <p>25. Сформулируйте принцип жаростойкости железных сплавов.</p> <p>26. Дайте определения константы скорости реакции и коэффициента диффузии.</p> <p>27. В чем заключается реакционная диффузия и как она проявляется при окислении железа?</p> <p>28. Каковы основные компоненты металлургических шлаков?</p> <p>29. Как определяют удельную электрическую проводимость расплавов?</p> <p>30. Что такое энергия активации электропереноса, и как она может быть определена?</p> <p>31. Каковы экспериментальные доказательства ионного строения шлаков?</p> <p>32. Дайте определение понятия "динамическая вязкость" расплава.</p> <p>33. Дайте определение понятия "кинематическая вязкость" расплава.</p> <p>34. Из каких частиц состоят металлургические шлаки?</p> <p>35. Какие частицы контролируют вязкое течение в шлаках?</p> <p>36. Как определяют вязкость шлаковых и металлических расплавов?</p> <p>37. Что такое энергия активации вязкого течения, и как она может быть определена?</p> <p>38. Что может быть причиной криволинейного характера изменения вязкости с температурой в координатах <math>\ln \eta - 1/T</math>?</p> <p>39. Каковы основные компоненты металлургических шлаков?</p> <p>40. Каковы экспериментальные доказательства ионного строения шлаков?</p> <p>41. Дайте определение понятия "удельная электрическая электропроводность".</p> <p>42. Из каких частиц состоят металлургические шлаки?</p> |



| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения  | Оценочные средства   |
|---------------------------------|--|--|
| Уметь                           | <p>- самостоятельно формулировать задачу физико-химического исследования в химических системах; пользуясь полученными знаниями, уметь выбирать оптимальные пути и методы решения поставленных задач;</p> <p>- проводить физико-химическое исследование систем и процессов с использованием современных методов и приборов; проводить физико-химические расчеты;</p> <p>- проводить физико-химическое исследование систем и процессов с использованием современных методов и приборов; проводить физико-химические расчеты.</p> | <p>Задачи для самостоятельного решения:</p> <p>Задача 1. Определить равновесное парциальное давление кислорода в газовой смеси CO-CO<sub>2</sub> при температуре 1300 °С и <math>P_{CO_2}/P_{CO} = 0,35</math>.</p> <p>Задача 2. Определить равновесное парциальное давление кислорода в газовой смеси H<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O при температуре 1500 °С и <math>P_{H_2O}/P_{H_2} = 0,30</math>.</p> <p>Задача 3. Какое должно быть отношение %CO<sub>2</sub>/%CO в газовой смеси CO-CO<sub>2</sub>, чтобы при температуре 1200 °С равновесное давление кислорода в ней составляло <math>P_{O_2} = 1,5 \cdot 10^{-5}</math> Па?</p> <p>Задача 4. Какое должно быть отношение %H<sub>2</sub>O/%H<sub>2</sub> в газовой смеси H<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O, чтобы при температуре 1300 °С равновесное давление кислорода составляло <math>P_{O_2} = 2 \cdot 10^{-5}</math> Па?</p> <p>Задача 5. Определить температуру, при которой равновесное парциальное давление кислорода в газовой смеси CO-CO<sub>2</sub> при отношении <math>P_{CO_2}/P_{CO} = 0,2</math> составит <math>P_{O_2} = 4 \cdot 10^{-5}</math> Па.</p> <p>Задача 6. Определить температуру, при которой равновесное парциальное давление кислорода в газовой смеси H<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O при отношении <math>P_{H_2O}/P_{H_2} = 0,25</math> составит <math>P_{O_2} = 5 \cdot 10^{-5}</math> Па. Задача 7. Определить равновесный состав газовой смеси H<sub>2</sub> - O<sub>2</sub> - H<sub>2</sub>O при температуре 700 °С, если исходные парциальные давления газов в закрытой системе составляли 0,333 атм.</p> <p>Задача 8. Определить равновесный состав газовой смеси CO - O<sub>2</sub> - CO<sub>2</sub> при температуре 800 °С, если исходные парциальные давления газов в системе составляли: CO – 0,5 атм, O<sub>2</sub> – 0,3 атм, CO<sub>2</sub> – 0,2 атм.</p> <p>Задача 9. Определить, при какой температуре сродство кислорода к водороду и монооксиду углерода одинаково.</p> <p>Задача 10. Определить возможное направление реакции водяного газа при температуре 900 °С, если исходная газовая смесь содержит 23% CO, 27% H<sub>2</sub>O, 20% CO<sub>2</sub> и 30% H<sub>2</sub>. Общее давление в печи равно 105 Па, а константа</p> |

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения   | Оценочные средства   |         |                |     |                               |                    |                   |                               |    |  |  |   |  |  |  |  |     |                    |                   |                  |   |  |     |     |     |     |     |   |    |    |    |   |  |     |     |     |     |     |    |    |    |    |   |  |     |     |     |     |     |    |    |    |    |  |  |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
|---------------------------------|---|--|---------|----------------|-----|-------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------------------|----|--|--|---|--|--|--|--|-----|--------------------|-------------------|------------------|---|--|-----|-----|-----|-----|-----|---|----|----|----|---|--|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|---|--|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|--|--|---|---|---|---|---|--|--|--|--|
|                                 |   | <p>равновесия реакции при 900 °С равна 0,76.</p> <p>Задача 11. Определить температуру, при которой в результате протекания реакции водяного газа равновесная газовая смесь содержит 26,2% CO, 30,2% H<sub>2</sub>O, 16,8% CO<sub>2</sub> и 26,2% H<sub>2</sub>. Температурная зависимость энергии Гиббса для реакции CO(г)+H<sub>2</sub>O(г)=CO<sub>2</sub>(г)+H<sub>2</sub>(г) имеет вид G= - 36600 + 33,5* T, Дж</p>   |         |                |     |                               |                    |                   |                               |    |  |  |   |  |  |  |  |     |                    |                   |                  |   |  |     |     |     |     |     |   |    |    |    |   |  |     |     |     |     |     |    |    |    |    |   |  |     |     |     |     |     |    |    |    |    |  |  |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
| Владеть                         | <p>- практическим применением важнейших современных теоретических, термодинамических методов; навыками ведения поиска необходимых знаний по литературным и другим источникам;</p> <p>- методами экспериментального исследования; определения состава систем, методами предсказания протекания возможных химических реакций;</p> <p>- методиками расчетов кинетики процессов в металлургических системах; приемами оценки результатов эксперимента; навыками самостоятельной работы.</p> | <p>Задание на решение задач из профессиональной области (домашнее индивидуальное задание)</p> <p><b>Задача 1.</b><br/>Для реакции: C<sub>(г)</sub> + CO<sub>2(г)</sub> = 2CO<sub>(г)</sub> уравнение зависимости константы равновесия от температуры которой имеет вид:</p> $\lg K_p = -\frac{9001}{T} + 9,28$ <p>определить равновесный состав газа в зависимости от температуры и давления (табл.). Полученные значения представить в виде таблицы и графика.</p> <table border="1" data-bbox="687 1346 1481 1771"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Вариант</th> <th colspan="5">Температура °С</th> <th colspan="4">Состав исходной газовой смеси</th> </tr> <tr> <th>Т</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th>% C</th> <th>% H<sub>2</sub> O</th> <th>% CO<sub>2</sub></th> <th>% H<sub>2</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> <td>500</td> <td>600</td> <td>700</td> <td>800</td> <td>900</td> <td>5</td> <td>15</td> <td>35</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td>550</td> <td>650</td> <td>750</td> <td>850</td> <td>950</td> <td>10</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td>100</td> <td>105</td> <td>110</td> <td>115</td> <td>120</td> <td>15</td> <td>25</td> <td>45</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Задача №2.</b> Для реакции:</p> $C_{(г)} + CO_{2(г)} = 2CO_{(г)}$ <p>уравнение зависимости константы равновесия от температуры имеет вид:</p> | Вариант | Температура °С |     |                               |                    |                   | Состав исходной газовой смеси |    |  |  | Т |  |  |  |  | % C | % H <sub>2</sub> O | % CO <sub>2</sub> | % H <sub>2</sub> | 1 |  | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 5 | 15 | 35 | 45 | 2 |  | 550 | 650 | 750 | 850 | 950 | 10 | 20 | 40 | 30 | 3 |  | 100 | 105 | 110 | 115 | 120 | 15 | 25 | 45 | 15 |  |  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |  |  |  |
| Вариант                         | Температура °С  |  |         |                |     | Состав исходной газовой смеси |                    |                   |                               |    |  |  |   |  |  |  |  |     |                    |                   |                  |   |  |     |     |     |     |     |   |    |    |    |   |  |     |     |     |     |     |    |    |    |    |   |  |     |     |     |     |     |    |    |    |    |  |  |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
|                                 | Т   |  |         |                |     | % C                           | % H <sub>2</sub> O | % CO <sub>2</sub> | % H <sub>2</sub>              |    |  |  |   |  |  |  |  |     |                    |                   |                  |   |  |     |     |     |     |     |   |    |    |    |   |  |     |     |     |     |     |    |    |    |    |   |  |     |     |     |     |     |    |    |    |    |  |  |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
| 1                               |   | 500  | 600     | 700            | 800 | 900                           | 5                  | 15                | 35                            | 45 |  |  |   |  |  |  |  |     |                    |                   |                  |   |  |     |     |     |     |     |   |    |    |    |   |  |     |     |     |     |     |    |    |    |    |   |  |     |     |     |     |     |    |    |    |    |  |  |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
| 2                               |   | 550  | 650     | 750            | 850 | 950                           | 10                 | 20                | 40                            | 30 |  |  |   |  |  |  |  |     |                    |                   |                  |   |  |     |     |     |     |     |   |    |    |    |   |  |     |     |     |     |     |    |    |    |    |   |  |     |     |     |     |     |    |    |    |    |  |  |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
| 3                               |   | 100  | 105     | 110            | 115 | 120                           | 15                 | 25                | 45                            | 15 |  |  |   |  |  |  |  |     |                    |                   |                  |   |  |     |     |     |     |     |   |    |    |    |   |  |     |     |     |     |     |    |    |    |    |   |  |     |     |     |     |     |    |    |    |    |  |  |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
|                                 |   | 0  | 0       | 0              | 0   | 0                             |                    |                   |                               |    |  |  |   |  |  |  |  |     |                    |                   |                  |   |  |     |     |     |     |     |   |    |    |    |   |  |     |     |     |     |     |    |    |    |    |   |  |     |     |     |     |     |    |    |    |    |  |  |   |   |   |   |   |  |  |  |  |

| Структурный элемент компетенции  | Планируемые результаты обучения  | Оценочные средства   |         |                |      |                 |    |    |                 |  |  |  |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |   |     |     |     |     |     |    |    |    |    |   |      |      |      |      |      |    |    |    |    |
|--|--|--|---------|----------------|------|-----------------|----|----|-----------------|--|--|--|---|-----|-----|-----|-----|-----|---|----|----|----|---|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|---|------|------|------|------|------|----|----|----|----|
|  |  | $\lg K_p = -\frac{8916}{T} + 9,11$ <p>определить равновесный состав газа в зависимости от температуры и давления (табл.). Полученные значения представить в виде таблицы и графика.</p> <table border="1" data-bbox="687 613 1481 875"> <thead> <tr> <th data-bbox="687 613 818 689">Вариант</th> <th colspan="5" data-bbox="818 613 1249 689">Температура °С</th> <th colspan="4" data-bbox="1249 613 1481 689">Давление (атм.)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="687 689 818 752">1</td> <td data-bbox="818 689 906 752">500</td> <td data-bbox="906 689 994 752">600</td> <td data-bbox="994 689 1082 752">700</td> <td data-bbox="1082 689 1169 752">800</td> <td data-bbox="1169 689 1249 752">900</td> <td data-bbox="1249 689 1303 752">5</td> <td data-bbox="1303 689 1358 752">15</td> <td data-bbox="1358 689 1412 752">35</td> <td data-bbox="1412 689 1481 752">45</td> </tr> <tr> <td data-bbox="687 752 818 815">2</td> <td data-bbox="818 752 906 815">550</td> <td data-bbox="906 752 994 815">650</td> <td data-bbox="994 752 1082 815">750</td> <td data-bbox="1082 752 1169 815">850</td> <td data-bbox="1169 752 1249 815">950</td> <td data-bbox="1249 752 1303 815">10</td> <td data-bbox="1303 752 1358 815">20</td> <td data-bbox="1358 752 1412 815">40</td> <td data-bbox="1412 752 1481 815">30</td> </tr> <tr> <td data-bbox="687 815 818 875">3</td> <td data-bbox="818 815 906 875">1000</td> <td data-bbox="906 815 994 875">1050</td> <td data-bbox="994 815 1082 875">1100</td> <td data-bbox="1082 815 1169 875">1150</td> <td data-bbox="1169 815 1249 875">1200</td> <td data-bbox="1249 815 1303 875">15</td> <td data-bbox="1303 815 1358 875">25</td> <td data-bbox="1358 815 1412 875">45</td> <td data-bbox="1412 815 1481 875">15</td> </tr> </tbody> </table> | 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 |
| 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              |  |  |  |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |   |     |     |     |     |     |    |    |    |    |   |      |      |      |      |      |    |    |    |    |
| <p>ПК-16 способностью планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p> |  |  |         |                |      |                 |    |    |                 |  |  |  |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |   |     |     |     |     |     |    |    |    |    |   |      |      |      |      |      |    |    |    |    |
| Знать  | <p>- основные положения общей химии; основные законы физической химии, а также способы их применения для решения теоретических и прикладных задач;</p> <p>- теоретические основы химических и физико-химических процессов, лежащих в основе металлургического производства;</p> <p>- основные понятия, законы и модели</p> | <p>Контрольные вопросы для самопроверки:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что понимается под горением топлива? Какие основные реакции горения топлива характерны для металлургических процессов?</li> <li>2. Как рассчитать равновесное давление кислорода в газовых смесях CO – CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub> – H<sub>2</sub>O при высоких температурах?</li> <li>3. Дайте термодинамическую оценку реакциям горения.</li> <li>4. Как влияет температура на окислительные свойства газовой смеси CO – CO<sub>2</sub> с постоянным отношением CO/CO<sub>2</sub>?</li> <li>5. Как влияет давление на равновесие реакций взаимодействия углерода с кислородом и CO<sub>2</sub>?</li> <li>6. Дайте оценку химического сродства CO и H<sub>2</sub> к кислороду при температурах металлургических процессов</li> <li>7. Уравнение изотермы Вант-Гоффа и его использование для определения направления протекания реакций.</li> <li>8. Как изменяется химическое сродство CO и H<sub>2</sub> с температурой?</li> <li>9. Проиллюстрируйте применение закона Гесса на примере реакций водяного газа, Белла-Будуара, горения углерода.</li> <li>10. Как влияет давление на равновесие реакций горения сродство CO и H<sub>2</sub>?</li> <li>11. Как изменится равновесное давление кислорода в газовой смеси CO – CO<sub>2</sub> при повышении температуры и увеличении содержания CO<sub>2</sub> в составе смеси?</li> </ol>  |         |                |      |                 |    |    |                 |  |  |  |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |   |     |     |     |     |     |    |    |    |    |   |      |      |      |      |      |    |    |    |    |

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения  | Оценочные средства  |
|---------------------------------|--|---|
|                                 | <p>термодинамики, химической кинетики; влияние основных законов термодинамики и химической кинетики на процессы в металлургии.</p>   | <p>12. Чем оцениваются окислительные свойства газовой фазы?<br/> 13. Как влияет температура на окислительные свойства газовой смеси <math>H_2 - H_2O</math> с постоянным отношением <math>H_2 / H_2O</math>?<br/> 14. Как производится расчет равновесного состава сложной газовой смеси, в состав которой входят <math>CO_2</math>, <math>CO</math>, <math>H_2</math> и <math>H_2O</math>?<br/> 15. Как производится расчет парциального давления кислорода сложной газовой смеси, в состав которой входят <math>CO_2</math>, <math>CO</math>, <math>H_2</math> и <math>H_2O</math>?<br/> 16. Как влияет температура на равновесие реакции Белла-Будуара? Какие температурные области протекания этой реакции можно выделить?<br/> 17. Как рассчитывается состав газовой смеси <math>CO - CO_2</math>, находящейся в равновесии с твердым углеродом?<br/> 18. Раскройте термин «температура воспламенения» газовой смеси<br/> 19. В чем проявляется сущность цепного механизма реакции горения?<br/> 20. Как рассчитать состав газовой смеси <math>CO - CO_2 - N_2</math>, находящейся в равновесии с твердым углеродом?<br/> 21. Укажите последовательность развития цепной реакции горения водорода и монооксида углерода.<br/> 22. Кинетические особенности и механизм горения твердого углерода.</p> |
| Уметь                           | <p>- использовать основные химические законы и понятия, термодинамические справочные данные; применять методы математического анализа и моделирования;</p> <p>- уметь сочетать теорию и практику для решения инженерных задач; проводить</p> | <p>Задачи для самостоятельного решения:</p> <p>Задача 1. Чистый марганец нагревают до температуры 800 К в газовой фазе, содержащей 15% <math>CO_2</math>, 5% <math>CO</math> и 80% <math>N_2</math>. Будет ли происходить окисление марганца в этих условиях? Задача 2. Чистое железо нагревают до 1000 К в газовой фазе, содержащей 20% <math>H_2O</math>, 10% <math>H_2</math> и 70% <math>N_2</math>. Будет ли происходить окисление железа в этих условиях?</p> <p>Задача 3. Какое значение должно иметь равновесное отношение <math>P_{H_2}/P_{H_2O}</math> для безокислительного нагрева чистого марганца в газовой фазе <math>H_2-H_2O</math> при температуре 1173 К и общем давлении <math>3 \cdot 10^5</math> Па.</p> <p>Задача 4. Какое значение должно иметь равновесное отношение <math>P_{CO}/P_{CO_2}</math> для безокислительного нагрева чистого железа в газовой фазе <math>CO_2-CO</math> при температуре 1073 К и общем давлении <math>2,5 \cdot 10^5</math> Па.</p> <p>Задача 5. Чистый хром выдерживают во влажном</p>   |

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения   | Оценочные средства   |
|---------------------------------|---|--|
|                                 | <p>термодинамические расчеты металлургических процессов, на основе практических данных;</p> <p>- графически отображать полученные зависимости; анализировать и обсуждать результаты физико-химических исследований; вести научную дискуссию по вопросам физико-химическим основам металлургических процессов, проводить математическую интерпретацию полученных результатов и определять наиболее значимые факторы.</p> | <p>водороде при температуре 1500 К и общем давлении <math>10^5</math> Па. Какое может быть максимальное давление водяного пара в газовой фазе, чтобы не происходило окисление хрома при указанной температуре?</p> <p>Задача 6. Через печь, в которой находится чистый никель, при температуре 1500 К пропускают смесь газов CO-CO<sub>2</sub> при общем давлении 1 атм. Какое наибольшее содержание CO<sub>2</sub> может быть в смеси CO-CO<sub>2</sub>, чтобы не происходило окисление никеля при указанной температуре?</p> <p>Задача 7. Рассчитайте, какое должно быть отношение CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub> в исходной смеси, чтобы образующаяся при температуре 1000 °С газовая смесь CO<sub>2</sub>-CO-H<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O была бы безокислительной по отношению к чистому марганцу.</p> <p>Задача 8. Рассчитайте равновесное отношение (%CO)/(%CO<sub>2</sub>) при температуре 1400 К и давлении <math>10^5</math> Па для реакции восстановления марганца <math>MnO_t + CO = Mn_t + CO_2</math>.</p> <p>Задача 9. Рассчитайте равновесное отношение (%H<sub>2</sub>)/(%H<sub>2</sub>O) при температуре 1700 К и давлении <math>2 \cdot 10^5</math> Па для реакции восстановления хрома <math>SiO_2(t) + H_2 = Si(t) + H_2O</math>.</p> <p>Задача 10. Определите значение температуры, при которой реакция <math>Cr_2O_3(t) + 3CO = 2Cr(t) + 3CO_2</math> будет находиться в равновесии при условии, что в газовой смеси H<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O, отношение (H<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O) = <math>10^{16}</math>.</p> |
| Владеть                         | - навыками вычисления тепловых эффектов химических реакций при заданной   | <p>Задание на решение задач из профессиональной области (домашнее индивидуальное задание)</p> <p style="text-align: center;"><b>Формулировка задания:</b></p> <p><b>Задача 1</b><br/>Определить активность оксида железа FeO в поликомпонентном шлаке (таб. 1).</p> <p style="text-align: right;">Таблица 1</p>  |

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения  | Оценочные средства  |            |             |                  |                               |            |                  |                               |   |      |     |     |      |      |     |         |   |    |    |    |   |   |   |   |      |      |      |      |       |       |       |           |           |  |  |  |  |  |  |   |    |    |    |   |   |   |   |      |      |            |        |       |       |       |    |      |      |       |             |       |      |       |    |           |   |   |   |            |             |            |    |           |             |   |             |            |        |            |   |      |       |            |        |            |      |       |   |      |      |   |       |       |       |      |   |           |        |            |       |            |      |       |
|---------------------------------|--|---|------------|-------------|------------------|-------------------------------|------------|------------------|-------------------------------|---|------|-----|-----|------|------|-----|---------|---|----|----|----|---|---|---|---|------|------|------|------|-------|-------|-------|-----------|-----------|--|--|--|--|--|--|---|----|----|----|---|---|---|---|------|------|------------|--------|-------|-------|-------|----|------|------|-------|-------------|-------|------|-------|----|-----------|---|---|---|------------|-------------|------------|----|-----------|-------------|---|-------------|------------|--------|------------|---|------|-------|------------|--------|------------|------|-------|---|------|------|---|-------|-------|-------|------|---|-----------|--------|------------|-------|------------|------|-------|
|                                 | <p>температуре в условиях постоянства давления или объема, констант равновесия химических реакций при заданной температуре;</p> <p>- применять современное физическое оборудование и приборы при решении практических задач, проводить статистический анализ полученных экспериментальных данных;</p> <p>- методами прогнозирования результатов воздействия на технологические процессы в металлургии; выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения.</p> | <p style="text-align: center;"><b>Состав шлакового расплава мас. %</b></p> <table border="1" data-bbox="703 389 1479 517"> <thead> <tr> <th>Вариант</th> <th>CaO</th> <th>MgO</th> <th>MnO</th> <th>FeO</th> <th>SiO<sub>2</sub></th> <th>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <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> </tbody> </table> <p><b>Задача 2</b></p> <p>Определить активность компонентов в сплавах на основе железа (табл. 2,3).</p> <p style="text-align: right;">Таблица 2</p> <p style="text-align: center;"><b>Химический состав железных сплавов (масс.%)</b></p> <table border="1" data-bbox="703 904 1479 1032"> <thead> <tr> <th>Вариант</th> <th>C</th> <th>Si</th> <th>Mn</th> <th>Cr</th> <th>S</th> <th>P</th> <th>O</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>0,08</td> <td>0,30</td> <td>0,40</td> <td>0,15</td> <td>0,045</td> <td>0,035</td> <td>0,047</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">Таблица 3</p> <p style="text-align: center;"><b>Параметры взаимодействия <math>\epsilon_i^j</math> компонентов сплавов на основе железа при 1600 °C</b></p> <table border="1" data-bbox="703 1249 1479 1749"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Элемент i</th> <th colspan="7">Элемент J</th> </tr> <tr> <th>C</th> <th>Si</th> <th>Mn</th> <th>Cr</th> <th>S</th> <th>P</th> <th>O</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C</td> <td>0,14</td> <td>0,08</td> <td>-0,01<br/>2</td> <td>-0,024</td> <td>0,046</td> <td>0,051</td> <td>-0,34</td> </tr> <tr> <td>Si</td> <td>0,18</td> <td>0,11</td> <td>0,002</td> <td>-0,000<br/>3</td> <td>0,056</td> <td>0,11</td> <td>-0,23</td> </tr> <tr> <td>Mn</td> <td>-0,0<br/>7</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>-0,04<br/>8</td> <td>-0,003<br/>5</td> <td>-0,08<br/>3</td> </tr> <tr> <td>Cr</td> <td>-0,1<br/>2</td> <td>-0,004<br/>3</td> <td>0</td> <td>-0,000<br/>3</td> <td>-0,02<br/>0</td> <td>-0,053</td> <td>-0,01<br/>4</td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>0,11</td> <td>0,063</td> <td>-0,02<br/>6</td> <td>-0,011</td> <td>-0,02<br/>8</td> <td>0,29</td> <td>-0,27</td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>0,13</td> <td>0,12</td> <td>0</td> <td>-0,03</td> <td>0,028</td> <td>0,062</td> <td>0,13</td> </tr> <tr> <td>O</td> <td>-0,4<br/>5</td> <td>-0,131</td> <td>-0,02<br/>1</td> <td>-0,04</td> <td>-0,13<br/>3</td> <td>0,07</td> <td>-0,20</td> </tr> </tbody> </table> | 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 | C | Si | Mn | Cr | S | P | O | 2 | 0,08 | 0,30 | 0,40 | 0,15 | 0,045 | 0,035 | 0,047 | Элемент i | Элемент J |  |  |  |  |  |  | C | Si | Mn | Cr | S | P | O | C | 0,14 | 0,08 | -0,01<br>2 | -0,024 | 0,046 | 0,051 | -0,34 | Si | 0,18 | 0,11 | 0,002 | -0,000<br>3 | 0,056 | 0,11 | -0,23 | Mn | -0,0<br>7 | 0 | 0 | 0 | -0,04<br>8 | -0,003<br>5 | -0,08<br>3 | Cr | -0,1<br>2 | -0,004<br>3 | 0 | -0,000<br>3 | -0,02<br>0 | -0,053 | -0,01<br>4 | S | 0,11 | 0,063 | -0,02<br>6 | -0,011 | -0,02<br>8 | 0,29 | -0,27 | P | 0,13 | 0,12 | 0 | -0,03 | 0,028 | 0,062 | 0,13 | O | -0,4<br>5 | -0,131 | -0,02<br>1 | -0,04 | -0,13<br>3 | 0,07 | -0,20 |
| 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                         | C  | Si  | Mn         | Cr          | S                | P                             | O          |                  |                               |   |      |     |     |      |      |     |         |   |    |    |    |   |   |   |   |      |      |      |      |       |       |       |           |           |  |  |  |  |  |  |   |    |    |    |   |   |   |   |      |      |            |        |       |       |       |    |      |      |       |             |       |      |       |    |           |   |   |   |            |             |            |    |           |             |   |             |            |        |            |   |      |       |            |        |            |      |       |   |      |      |   |       |       |       |      |   |           |        |            |       |            |      |       |
| 2                               | 0,08   | 0,30  | 0,40       | 0,15        | 0,045            | 0,035                         | 0,047      |                  |                               |   |      |     |     |      |      |     |         |   |    |    |    |   |   |   |   |      |      |      |      |       |       |       |           |           |  |  |  |  |  |  |   |    |    |    |   |   |   |   |      |      |            |        |       |       |       |    |      |      |       |             |       |      |       |    |           |   |   |   |            |             |            |    |           |             |   |             |            |        |            |   |      |       |            |        |            |      |       |   |      |      |   |       |       |       |      |   |           |        |            |       |            |      |       |
| Элемент i                       | Элемент J  |   |            |             |                  |                               |            |                  |                               |   |      |     |     |      |      |     |         |   |    |    |    |   |   |   |   |      |      |      |      |       |       |       |           |           |  |  |  |  |  |  |   |    |    |    |   |   |   |   |      |      |            |        |       |       |       |    |      |      |       |             |       |      |       |    |           |   |   |   |            |             |            |    |           |             |   |             |            |        |            |   |      |       |            |        |            |      |       |   |      |      |   |       |       |       |      |   |           |        |            |       |            |      |       |
|                                 | C  | Si  | Mn         | Cr          | S                | P                             | O          |                  |                               |   |      |     |     |      |      |     |         |   |    |    |    |   |   |   |   |      |      |      |      |       |       |       |           |           |  |  |  |  |  |  |   |    |    |    |   |   |   |   |      |      |            |        |       |       |       |    |      |      |       |             |       |      |       |    |           |   |   |   |            |             |            |    |           |             |   |             |            |        |            |   |      |       |            |        |            |      |       |   |      |      |   |       |       |       |      |   |           |        |            |       |            |      |       |
| C                               | 0,14   | 0,08  | -0,01<br>2 | -0,024      | 0,046            | 0,051                         | -0,34      |                  |                               |   |      |     |     |      |      |     |         |   |    |    |    |   |   |   |   |      |      |      |      |       |       |       |           |           |  |  |  |  |  |  |   |    |    |    |   |   |   |   |      |      |            |        |       |       |       |    |      |      |       |             |       |      |       |    |           |   |   |   |            |             |            |    |           |             |   |             |            |        |            |   |      |       |            |        |            |      |       |   |      |      |   |       |       |       |      |   |           |        |            |       |            |      |       |
| Si                              | 0,18   | 0,11  | 0,002      | -0,000<br>3 | 0,056            | 0,11                          | -0,23      |                  |                               |   |      |     |     |      |      |     |         |   |    |    |    |   |   |   |   |      |      |      |      |       |       |       |           |           |  |  |  |  |  |  |   |    |    |    |   |   |   |   |      |      |            |        |       |       |       |    |      |      |       |             |       |      |       |    |           |   |   |   |            |             |            |    |           |             |   |             |            |        |            |   |      |       |            |        |            |      |       |   |      |      |   |       |       |       |      |   |           |        |            |       |            |      |       |
| Mn                              | -0,0<br>7  | 0   | 0          | 0           | -0,04<br>8       | -0,003<br>5                   | -0,08<br>3 |                  |                               |   |      |     |     |      |      |     |         |   |    |    |    |   |   |   |   |      |      |      |      |       |       |       |           |           |  |  |  |  |  |  |   |    |    |    |   |   |   |   |      |      |            |        |       |       |       |    |      |      |       |             |       |      |       |    |           |   |   |   |            |             |            |    |           |             |   |             |            |        |            |   |      |       |            |        |            |      |       |   |      |      |   |       |       |       |      |   |           |        |            |       |            |      |       |
| Cr                              | -0,1<br>2  | -0,004<br>3   | 0          | -0,000<br>3 | -0,02<br>0       | -0,053                        | -0,01<br>4 |                  |                               |   |      |     |     |      |      |     |         |   |    |    |    |   |   |   |   |      |      |      |      |       |       |       |           |           |  |  |  |  |  |  |   |    |    |    |   |   |   |   |      |      |            |        |       |       |       |    |      |      |       |             |       |      |       |    |           |   |   |   |            |             |            |    |           |             |   |             |            |        |            |   |      |       |            |        |            |      |       |   |      |      |   |       |       |       |      |   |           |        |            |       |            |      |       |
| S                               | 0,11   | 0,063   | -0,02<br>6 | -0,011      | -0,02<br>8       | 0,29                          | -0,27      |                  |                               |   |      |     |     |      |      |     |         |   |    |    |    |   |   |   |   |      |      |      |      |       |       |       |           |           |  |  |  |  |  |  |   |    |    |    |   |   |   |   |      |      |            |        |       |       |       |    |      |      |       |             |       |      |       |    |           |   |   |   |            |             |            |    |           |             |   |             |            |        |            |   |      |       |            |        |            |      |       |   |      |      |   |       |       |       |      |   |           |        |            |       |            |      |       |
| P                               | 0,13   | 0,12  | 0          | -0,03       | 0,028            | 0,062                         | 0,13       |                  |                               |   |      |     |     |      |      |     |         |   |    |    |    |   |   |   |   |      |      |      |      |       |       |       |           |           |  |  |  |  |  |  |   |    |    |    |   |   |   |   |      |      |            |        |       |       |       |    |      |      |       |             |       |      |       |    |           |   |   |   |            |             |            |    |           |             |   |             |            |        |            |   |      |       |            |        |            |      |       |   |      |      |   |       |       |       |      |   |           |        |            |       |            |      |       |
| O                               | -0,4<br>5  | -0,131  | -0,02<br>1 | -0,04       | -0,13<br>3       | 0,07                          | -0,20      |                  |                               |   |      |     |     |      |      |     |         |   |    |    |    |   |   |   |   |      |      |      |      |       |       |       |           |           |  |  |  |  |  |  |   |    |    |    |   |   |   |   |      |      |            |        |       |       |       |    |      |      |       |             |       |      |       |    |           |   |   |   |            |             |            |    |           |             |   |             |            |        |            |   |      |       |            |        |            |      |       |   |      |      |   |       |       |       |      |   |           |        |            |       |            |      |       |

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Физико-химические основы металлургических процессов» 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.