

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

Целями освоения дисциплины (модуля) «Физическая химия пирометаллургических процессов» являются:

- изучение современных методов исследования структуры и физико - химических свойств металлических и оксидных расплавов;

- изучение процессов фазовых превращений в металлических системах;

- приобретение навыков применения теоретических разработок к практическим задачам исследовательской деятельности;

- дать обучающим основы знаний в области высокотемпературных металлургических процессов;

- обеспечить подготовку к усвоению профилирующих дисциплин и самостоятельной инженерной деятельности.

# 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы подготовки бакалавра

Дисциплина «Физическая химия пирометаллургических процессов» входит в вариативную часть блока 1 образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, навыки), сформированные в результате изучения химии, физики, математики, информатики, физической химии.

Знания (умения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения последующих дисциплин: химические реакторы, химическая технология топлива и углеродных материалов, теоретические основы химической технологии топлива и углеродных материалов, техническая термодинамика и теплотехника, извлечение и переработка химических продуктов коксования.

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Физическая химия пирометаллургических процессов» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

| Структурный  элемент  компетенции | Планируемые результаты обучения |
| --- | --- |
| ПК – 2 **-** способностью выбирать методы исследования, планировать и проводить необходимые эксперименты, интерпретировать результаты и делать выводы | |
| Знать | - базовую терминологию, основные понятия и законы, их математическое выражение;  - классификации и сущность методов анализа; теоретические основы и принципы термодинамических методов анализа; основные законы термодинамики металлургических процессов;  - методы исследования и условия проведения экспериментов и анализов; основные экспериментальные и расчетные методы определения термодинамических характеристик. |
| Уметь | - самостоятельно формулировать задачу физико-химического исследования в химических системах; пользуясь полученными знаниями, уметь выбирать оптимальные пути и методы решения поставленных задач;  - проводить физико-химические исследования систем и процессов с использованием современных методов и приборов; проводить физико-химические расчеты;  - проводить физико-химические исследования систем и процессов с использованием современных методов и приборов; проводить физико-химические расчеты. |
| Владеть | - практическим применением важнейших современных теоретических, термодинамических методов; навыками ведения поиска необходимых знаний по литературным и другим источникам;  - методами экспериментального исследования; определения состава систем, методами предсказания протекания возможных химических реакций;  - методиками расчетов кинетики процессов в металлургических системах; приемами оценки результатов эксперимента; навыками самостоятельной работы. |
| ПК- 4 готовностью использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы | |
| Знать | - основные положения общей химии; основные законы физической химии, а также способы их применения для решения теоретических и прикладных задач;  - теоретические основы химических и физико-химических процессов, лежащих в основе металлургического производства;  - основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики; влияние основных законов термодинамики и химической кинетики на процессы в металлургии. |
| Уметь | - использовать основные химические законы и понятия, термодинамические справочные данные;применять методы математического анализа и моделирования;  - уметь сочетать теорию и практику для решения инженерных задач; проводить термодинамические расчеты металлургических процессов, на основе практических данных;  - 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. |
| Владеть | - навыками вычисления тепловых эффектов химических реакций при заданной температуре в условиях постоянства давления или объема, констант равновесия химических реакций при заданной температуре;  - применять современное физическое оборудование и приборы при решении практических задач, проводить статистический анализ полученных экспериментальных данных;  - методами прогнозирования результатов воздействия на технологические процессы в металлургии; выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения. |
| ПК – 13 - готовностью оценивать риски и определять меры по обеспечению безопасности технологических процессов | |
| Знать | - теоретические основы химических и физико-химических процессов, лежащих в основе металлургического производства; |
| Уметь | вести научную дискуссию по вопросам физико - химических основ металлургических процессов, проводить математическую интерпретацию полученных результатов и определять наиболее значимые факторы. |
| Владеть | методами прогнозирования результатов воздействия на технологические процессы в металлургии; выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения. |

# **4 Структура и содержание дисциплины (модуля)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц 216 акад. часов, в том числе:

– - контактная работа – \_89\_\_ акад. часов:

– аудиторная – \_\_85\_\_\_ акад. часов;

– внеаудиторная – \_\_\_4\_\_ акад. часов

– самостоятельная работа – \_\_91\_\_\_ акад. часов.

– подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа.

| Раздел/ тема  дисциплины | Курс | Аудиторная  контактная работа  (в акад. часах) | | | Самостоятельная работа (в акад. часах) | Вид самостоятельной  работы | Форма текущего контроля успеваемости и  промежуточной аттестации | Код и структурный  элемент  компетенции |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| лекции | лаборат.  занятия | практич. занятия |
| 1. Термодинамика процессов горения топлива | 3 |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.1. Кислородный потенциал газовой фазы. Реакция водяного газа |  | 2 |  | 2 | 6 | Подготовка к лабораторно-практическому занятию | Собеседование по теме | ПК-2,ПК-4  ПК-13 зув |
| 1.2. Кинетика и механизм реакций горения. Термодинамика реакций горения углерода |  | 2 |  | 2 | 5 | Подготовка к лабораторно-практическому занятию | Собеседование по теме | ПК-2,ПК-4  ПК-13 зув |
| Итого по разделу |  | **4** |  | **4** | **10** | Выполнение расчетно-графической работы №1 | Проверка и защита индивидуального задания №1 | ПК-2,ПК-4  ПК-13 зув |
| 2. Процессы образования и диссоциации химических соединений | 3 |  | 3/2И | 2 |  | Подготовка к лабораторно-практическому занятию | Выполнение и обсуждение данных лабораторной работы №1 | ПК-2,ПК-4  ПК-13 зув |
| 2.1. Диссоциация карбонатов и окислов |  | 3 |  | 2/3И | 5 | Разработка алгоритма выполнения решения задачи | Защита лаб. работ №1, решение задач | ПК-2,ПК-4  ПК-13 зув |
| 2.2. Кинетика, механизм процесса диссоциации карбонатов |  | 3 | 4 | 2 | 10 | Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Подготовка к лабораторной работе № 2 | Выполнение и обсуждение данных лабораторной работы №2. Защита | ПК-2,ПК-4  ПК-13 зув |
| Итого по разделу |  | **6** | **8/2И** | **6/3И** | **15** | Работа с электронными учебниками | Собеседование по теме |  |
| 3. Основы теории восстановления оксидов | 3 |  |  |  |  |  |  |  |
| 3.1. Общая характеристика восстановительно-окислительных реакций. Механизм и кинетика восстановления оксидов газами |  | 3 |  | 1 | 5 | Подготовка к лабораторно-практическому занятию | Выполнение и обсуждение данных лабораторной работы №3 | ПК-2,ПК-4  ПК-13 зув |
| 3.2. Термодинамика восстановления металлов газами |  |  | 5/2И | 3 | 5 | Подготовка к лабораторно-практическому занятию. Работа №3 | Защита лабораторной работы №3 | ПК-2,ПК-4  ПК-13 зув |
| 3.3. Восстановление оксидов металла водородом и оксидом углерода |  | 3 |  | 3/2И | 5 | Разработка алгоритма выполнения решения задачи | Собеседование по теме | ПК-2,ПК-4  ПК-13 зув |
| 3.4 Карбо - металлотермическое восстановление оксидов |  | 3 |  | 2 | 10 | Разработка алгоритма выполнения решения задачи | Собеседование по теме | ПК-2,ПК-4  ПК-13 зув |
| Итого по разделу |  | **9** | **5/2И** | **9/2И** | **25** | Выполнение расчетно-графической работы | Собеседование по теме |  |
| 4. Металлургические расплавы | 3 |  |  |  |  |  |  |  |
| 4.1 Активность компонентов в растворах. |  | 3 |  | 2/3И | 10 | Выполнение расчетно-графической работы №2 | Защита индивидуального задания №2 | ПК-2,ПК-4  ПК-13 зув |
| 4.2.Металлургические шлаки. Теории (модели) металлургических расплавов |  | 2 | 5/2И | 3/2И | 5 | Подготовка к лабораторно-практическому занятию. Лабораторная работа №4 | Выполнение и обсуждение данных лабораторной работы №4 | ПК-2,ПК-4  ПК-13 зув |
| 4.3. Сущность окислительного рафинирования железных сплавов |  | 3 |  | 3 | 5 | Самостоятельное изучение учебной и научно литературы | Защита работы №4 | ПК-2,ПК-4  ПК-13 зув |
| **Итого по разделу** |  | **8** | **5/2И** | **8/5И** | **20** |  |  |  |
| 5. Процессы дефосфорации, десульфурации в железных сплавах. Раскисление металлов. Поверхностные явления в металлургических расплавах | 3 | **2** |  | 2/2И | 5 | Работа с электронными учебниками | Собеседование по теме | ПК-2,ПК-4  ПК-13 зув |
| 5.1 Процессы дефосфорации, десульфурации в железных сплавах |  | **2** |  | 2 | 5 | Самостоятельное изучение учебной и научно литературы | Собеседование по теме | ПК-2,ПК-4  ПК-13 зув |
| 5.2 Раскисление металлов |  | 2 |  | 2/2И | 5 | Работа с электронными учебниками | Собеседование по теме | ПК-2,ПК-4  ПК-13 зув |
| 5.3 Поверхностные явления в металлургических расплавах |  | 1 |  | 1 | 5 | Самостоятельное изучение учебной и научно литературы | Собеседование по теме | ПК-2,ПК-4  ПК-13 зув |
| **Итого по разделу** |  | **7** |  | **7/4И** | **20** |  |  |  |
| **Итого по дисциплине** | **3** | **34** | **17/6И** | **34/14И** | **91** |  | **Экзамен** |  |

# 5 Образовательные и информационные технологии

Образовательные технологии – это целостная модель образовательного процесса, системно определяющая структуру и содержание деятельности обеих сторон этого процесса (преподавателя и студента), имеющая целью достижение планируемых результатов с поправкой на индивидуальные особенности его участников. Технологичность учебного процесса состоит в том, чтобы сделать учебный процесс полностью управляемым.

Основными признаками образовательной технологии в ее современном понимании являются:

– детальное описание образовательных целей;

– поэтапное описание (проектирование) способов достижения заданных результатов-целей;

– использование обратной связи с целью корректировки образовательного процесса;

– гарантированность достигаемых результатов;

– воспроизводимость образовательного процесса вне зависимости от мастерства преподавателя;

– оптимальность затрачиваемых ресурсов и усилий.

Реализация компетентностного подхода предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

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 прибрести 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 образовательных 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

**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 CO2. 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 СаО—Аl2O3—SiO2. 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 сплавахНеметаллические 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 № 3: Лабораторная работа № 2: Определение электропроводности шлакового расплава.

**Формулировка индивидуального задания №1**

1. Для реакции водяного газаCO + H2O = CO2 + H2 определить возможное направление реакции и равновесный состав газа при температурах: 700, 800, 900 и 1000° C, если исходная газовая смесь содержит 23% СО и 27% H2O, 20% CO2 и 30% H2.
2. Определить равновесный состав газа в реакции Бела-Будуара С тв + CO2 = 2СО

**Формулировка индивидуального задания № 2**

**Задача 1**

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

Таблица 1

Состав шлакового расплава мас. %

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариaнт | CaO | MgO | MnO | FeO | SiO2 | P2O5 |
| 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 | С | Si | Mn | Cr | S | P | O |
| 2 | 0,08 | 0,30 | 0,40 | 0,15 | 0,045 | 0,035 | 0,047 |

Таблица3

Параметры взаимодействия εij компонентов сплавов на основе железа

при 1600 0С

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент  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 |

**Примерные вопросы для собеседования по темам:**

1. В каких технологических процессах происходит термическая диссоциация СаСО3?

2. Дайте определение термину «упругость диссоциации карбоната”.

3. В чем заключается отличие констант равновесия Ка и Кр?

4. В каком случае значения Кр и упругости диссоциации СаСО3 численно совпадают?

5. С какой целью перед опытом вакуумируют рабочую установку?

6. Термодинамика образования и диссоциация карбонатов; температуры начала.

7. Термодинамика горения твердого топлива

8. Как влияет степень дисперсности карбоната и извести на упругость диссоциации СаСО3.

10.Какие металлургические процессы являются топохимическими реакциями?

11.Какие химические реакции протекают по автокаталитическому механизму? Что является катализатором таких процессов?

1. Что такое кристаллическая решетка, и какие характеристики кристаллической решетки Вы знаете?
2. Распределение компонентов между металлом и шлаком; константа и коэффициент  
   распределения
3. Объясните изменение скорости топохимических процессов на примере выполненной работы.
4. Каков механизм диссоциации карбоната кальция?

**Примерные задачи:**

Задача 1. Определить равновесное парциальное давление кислорода в газовой смеси СО-СО2 при температуре 1300 °С и РСО2/ РСО = 0,35.

Задача 2. Определить равновесное парциальное давление кислорода в газовой смеси Н2-Н2О при температуре 1500 °С и РН2О /Р Н2 =0,30.

Задача 3. Какое должно быть отношение %СО2/%СО в газовой смеси СО-СО2, чтобы при температуре 1200 °С равновесное давление кислорода в ней составляло PО2= 1,5·10-5 Па?

Задача 4. Какое должно быть отношение %Н2О/%Н2 в газовой смеси Н2-Н2О, чтобы при температуре 1300 °С равновесное давление кислорода составляло PО2= 2·10-5 Па?

Задача 5. Определить температуру, при которой равновесное парциальное давление кислорода в газовой смеси СО-СО2 при отношении РСО2 /РСО=0,2 составит PО2 = 4·10-5 Па.

# 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

| Структурный элемент  компетенции | Планируемые результаты обучения | Оценочные средства |
| --- | --- | --- |
| ПК – 2 **-** способностью выбирать методы исследования, планировать и проводить необходимые эксперименты, интерпретировать результаты и делать выводы | | |
| Знать | - базовую терминологию, основные понятия и законы, их математическое выражение;  - классификации и сущность методов анализа; теоретические основы и принципы термодинамических методов анализа; основные законы термодинамики металлургических процессов;  - методы исследования и условия проведения экспериментов и анализов; основные экспериментальные и расчетные методы определения термодинамических характеристик. | Список вопросов для проведения экзамена по дисциплине «Физико-химические основы металлургических процессов»  1. В каких технологических процессах происходит термическая диссоциация СаСО3?  2. Дайте определение термину «упругость диссоциации карбоната”.  3. В чем заключается отличие констант равновесия Ка и Кр?  4. В каком случае значения Кр и упругости диссоциации СаСО3 численно совпадают?  5. С какой целью перед опытом вакуумируют рабочую установку?  6. Термодинамика образования и диссоциация карбонатов; температуры начала.  7. Термодинамика горения твердого топлива  8. Как влияет степень дисперсности карбоната и извести на упругость диссоциации СаСО3.  10.Какие металлургические процессы являются топохимическими реакциями?  11.Какие химические реакции протекают по автокаталитическому механизму? Что является катализатором таких процессов?   1. Что такое кристаллическая решетка, и какие характеристики кристаллической решетки Вы знаете? 2. Распределение компонентов между металлом и шлаком; константа и коэффициент распределения 3. Объясните изменение скорости топохимических процессов на примере выполненной работы. 4. Каков механизм диссоциации карбоната кальция? 5. Расскажите о методике определения скорости диссоциации карбоната кальция, примененной в данном опыте. 6. В чем заключаются различия гомогенных и гетерогенных реакций? 7. Из каких стадий складываются гетерогенные реакции? 8. Что называют режимом гетерогенной реакции? 9. Каковы особенности протекания реакций в различных режимах реагирования? 10. Как изменяется толщина пленки окалины при окислении металлов в различных режимах реагирования? 11. В чем сущность гравиметрического метода исследования окисления металлов? 12. Какова структура железной окалины и от каких факторов она зависит? 13. Что такое вюстит и какова его роль в окислении железных сплавов? 14. Сформулируйте принцип жаростойкости железных сплавов. 15. Дайте определения константы скорости реакции и коэффициента диффузии. 16. В чем заключается реакционная диффузия и как она проявляется при окислении железа? 17. Каковы основные компоненты металлургических шлаков? 18. Как определяют удельную электрическую проводимость расплавов? 19. Что такое энергия активации электропереноса, и как она может быть определена?   31.Каковы экспериментальные доказательства ионного строения шлаков?  32.Дайте определение понятия "динамическая вязкость" расплава.  33.Дайте определение понятия "кинематическая вязкость " расплава.  34.Из каких частиц состоят металлургические шлаки?  35.Какие частицы контролируют вязкое течение в шлаках?  36.Как определяют вязкость шлаковых и металлических расплавов?  37.Что такое энергия активации вязкого течения, и как она может быть определена?  38.Что может быть причиной криволинейного характера изменения вязкости с температурой в коодинатах lnη – 1/T?  41.Дайте определение понятия "удельная электрическая электропроводность".  42.Из каких частиц состоят металлургические шлаки? |
| Уметь | - самостоятельно формулировать задачу физико-химического исследования в химических системах; пользуясь полученными знаниями, уметь выбирать оптимальные пути и методы решения поставленных задач;  - проводить физико-химические исследования систем и процессов с использованием современных методов и приборов; проводить физико-химические расчеты;  - проводить физико-химические исследования систем и процессов с использованием современных методов и приборов; проводить физико-химические расчеты. | Задачи для самостоятельного решения:  Задача 1. Определить равновесное парциальное давление кислорода в газовой смеси СО-СО2 при температуре 1300 °С и РСО2/ РСО = 0,35.  Задача 2. Определить равновесное парциальное давление кислорода в газовой смеси Н2-Н2О при температуре 1500 °С и РН2О /Р Н2 =0,30.  Задача 3. Какое должно быть отношение %СО2/%СО в газовой смеси СО-СО2, чтобы при температуре 1200 °С равновесное давление кислорода в ней составляло PО2= 1,5·10-5 Па?  Задача 4. Какое должно быть отношение %Н2О/%Н2 в газовой смеси Н2-Н2О, чтобы при температуре 1300 °С равновесное давление кислорода составляло PО2= 2·10-5 Па?  Задача 5. Определить температуру, при которой равновесное парциальное давление кислорода в газовой смеси СО-СО2 при отношении РСО2 /РСО=0,2 составит PО2 = 4·10-5 Па.  Задача 6. Определить температуру, при которой равновесное парциальное давление кислорода в газовой смеси Н2-Н2О при отношении Р Н2О/ Р Н2=0,25 составит PО2 = 5·10-5 Па. Задача 7. Определить равновесный состав газовой смеси H2 - O2 - H2O при температуре 700 °С, если исходные парциальные давления газов в закрытой системе составляли 0,333 атм.  Задача 8. Определить равновесный состав газовой смеси СО - O2 - СО2 при температуре 800 °С, если исходные парциальные давления газов в системе составляли: СО – 0,5 атм, О2 – 0,3 атм, СО2 – 0,2 атм.  Задача 9. Определить, при какой температуре сродство кислорода к водороду и монооксиду углерода одинаково.  Задача 10. Определить возможное направление реакции водяного газа при температуре 900 °С, если исходная газовая смесь содержит 23% СО, 27% H2O, 20% 14 CO2 и 30% H2. Общее давление в печи равно 105 Па, а константа равновесия реакции при 900 °С равна 0,76.  Задача 11. Определить температуру, при которой в результате протекания реакции водяного газа равновесная газовая смесь содержит 26,2% СО, 30,2% H2O, 16,8% CO2 и 26,2% H2. Температурная зависимость энергии Гиббса для реакции СО(г)+Н2О(г)= СО2(г)+Н2(г) имеет вид G= - 36600 + 33,5\* Т, Дж |
| Владеть | - практическим применением важнейших современных теоретических, термодинамических методов; навыками ведения поиска необходимых знаний по литературным и другим источникам;  - методами экспериментального исследования; определения состава систем, методами предсказания протекания возможных химических реакций;  - методиками расчетов кинетики процессов в металлургических системах; приемами оценки результатов эксперимента; навыками самостоятельной работы. | Задание на решение задач из профессиональной области (домашнее индивидуальное задание)  **Задача 1.**  Для реакции: С(т) + CO2(г) = 2СО(г) уравнение зависимости константы равновесия от температуры которой имеет вид:    определить равновесный состав газа в зависимости от температуры и давления (табл.). Полученные значения представить в виде таблицы и графика.   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Вариант | Температура 0С | | | | | Состав исходной газовой смеси | | | | | % СО | %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: С(т) + CO2(г) = 2СО(г)  уравнение зависимости константы равновесия от температуры имеет вид:    определить равновесный состав газа в зависимости от температуры и давления (табл.). Полученные значения представить в виде таблицы и графика.   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Вариант | Температура 0С | | | | | 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 | |
| ПК- 4 готовностью использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы | | |
| Знать | - основные положения общей химии; основные законы физической химии, а также способы их применения для решения теоретических и прикладных задач;  - теоретические основы химических и физико-химических процессов, лежащих в основе металлургического производства;  - основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики; влияние основных законов термодинамики и химической кинетики на процессы в металлургии. | Контрольные вопросы для самопроверки:  1. Что понимается под горением топлива? Какие основные реакции горения топлива характерны для металлургических процессов?  2. Как рассчитать равновесное давление кислорода в газовых смесях СО – СО2 и Н2 – Н2О при высоких температурах?  3. Дайте термодинамическую оценку реакциям горения.  4. Как влияет температура на окислительные свойства газовой смеси СО – СО2 с постоянным отношением СО/СО2?  5. Как влияет давление на равновесие реакций взаимодействия углерода с кислородом и СО2?  6. Дайте оценку химического сродства СО и Н2 к кислороду при температурах металлургических процессов  7. Уравнение изотермы Вант-Гоффа и его использование для определения направления протекания реакций.  8. Как изменяется химическое сродство СО и Н2 с температурой?  10. Как влияет давление на равновесие реакций горения сродство СО и Н2?  11. Как изменится равновесное давление кислорода в газовой смеси СО – СО2 при повышении температуры и увеличении содержания СО2 в составе смеси?  13. Как влияет температура на окислительные свойства газовой смеси Н2 – Н2О с постоянным отношением Н2 / Н2О?  14. Как производится расчет равновесного состава сложной газовой смеси, в состав которой входят СО2, СО, Н2 и Н2О?  15. Как производится расчет парциального давления кислорода сложной газовой смеси, в состав которой входят СО2, СО, Н2 и Н2О?  16. Как влияет температура на равновесие реакции Белла-Будуара? Какие температурные области протекания этой реакции можно выделить?  17. Как рассчитывается состав газовой смеси СО – СО2, находящейся в равновесии с твердым углеродом?  18. Раскройте термин «температура воспламенения» газовой смеси  20. Как рассчитать состав газовой смеси СО – СО2 – N2, находящейся в равновесии с твердым углеродом?  21. Укажите последовательность развития цепной реакции горения водорода и монооксида углерода.  22. Кинетические особенности и механизм горения твердого углерода. |
| Уметь | - использовать основные химические законы и понятия, термодинамические справочные данные;применять методы математического анализа и моделирования;  - уметь сочетать теорию и практику для решения инженерных задач; проводить термодинамические расчеты металлургических процессов, на основе практических данных;  - 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. | Задача 3. Какое значение должно иметь равновесное отношение РН2/РН2О для безокислительного нагрева чистого марганца в газовой фазе Н2-Н2О при температуре 1173 К и общем давлении 3·105 Па.  Задача 4. Какое значение должно иметь равновесное отношение РСО/РСО2 для безокислительного нагрева чистого железа в газовой фазе СО2-СО2 при температуре 1073 К и общем давлении 2,5·105 Па.  Задача 5. Чистый хром выдерживают во влажном водороде при температуре 1500 К и общем давлении 105 Па. Какое может быть максимальное давление водяного пара в газовой фазе, чтобы не происходило окисление хрома при указанной температуре?  Задача 7. Рассчитайте, какое должно быть отношение СО2/Н2 в исходной смеси, чтобы образующаяся при температуре 1000 °С газовая смесь СО2-СО-Н2-Н2О была бы безокислительной по отношению к чистому марганцу.  Задача 8. Рассчитайте равновесное отношение (%СО)/(%СО2) при температуре 1400 К и давлении 105 Па для реакции восстановления марганца МnОт + СО = Мnт + СО2.  Задача 9. Рассчитайте равновесное отношение (%Н2)/(%Н2О) при температуре 1700 К и давлении 2·105 Па для реакции восстановления хрома SiO2(т) + Н2 = Si(т) + Н2О. |
| Владеть | - навыками вычисления тепловых эффектов химических реакций при заданной температуре в условиях постоянства давления или объема, констант равновесия химических реакций при заданной температуре;  - применять современное физическое оборудование и приборы при решении практических задач, проводить статистический анализ полученных экспериментальных данных;  - методами прогнозирования результатов воздействия на технологические процессы в металлургии; выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения. | Задание на решение задач из профессиональной области (домашнее индивидуальное задание)  **Формулировка задания:**  **Задача 1**  Определить активность оксида железа FeO в поликомпонентном шлаке (таб. 1).  Таблица 1  Состав шлакового расплава мас. %   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Вариaнт | CaO | MgO | MnO | FeO | SiO2 | P2O5 | | 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 | С | Si | Mn | Cr | S | P | O | | 2 | 0,08 | 0,30 | 0,40 | 0,15 | 0,045 | 0,035 | 0,047 |   Таблица3  Параметры взаимодействия εij компонентов сплавов на основе железа  при 1600 0С   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Элемент  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 | |
| ПК – 13 - готовностью оценивать риски и определять меры по обеспечению безопасности технологических процессов | | |
| Знать | - теоретические основы химических и физико-химических процессов, лежащих в основе металлургического производства; | Проиллюстрируйте применение закона Гесса на примере реакций водяного газа, Белла-Будуара, горения углерода. Чем оценивается окислительные свойства газовой фазы? Каковы основные компоненты металлургических шлаков? Каковы экспериментальные доказательства ионного строения шлаков? Какие реакции называют топохимическими? |
| Уметь | вести научную дискуссию по вопросам физико - химических основ металлургических процессов, проводить математическую интерпретацию полученных результатов и определять наиболее значимые факторы. | Задачи для самостоятельного решения:  Задача 1. Чистый марганец нагревают до температуры 800 К в газовой фазе, содержащей 15% СО2, 5% СО и 80% N2. Будет ли происходить окисление марганца в этих условиях? Задача 2. Чистое железо нагревают до 1000 К в газовой фазе, содержащей 20% Н2О, 10% Н2 и 70% N2. Будет ли происходить окисление железа в этих условиях? В чем проявляется сущность цепного механизма реакции горения? |
| Владеть | методами прогнозирования результатов воздействия на технологические процессы в металлургии; выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения. | Задачи для самостоятельного решения:  Задача 1. Определите значение температуры, при которой реакция Cr2O3(т) + 3CO = 2Cr(т) + 3CO2 будет находиться в равновесий при условии, что в газовой смеси Н2-Н20, отношение (Н2/Н2О) = 1016.  Задача 2. Через печь, в которой находится чистый никель, при температуре 1500 К пропускают смесь газов СО-СО2 при общем давлении 1 атм. Какое наибольшее содержание СО2 может быть в смеси СО-СО2, чтобы не происходило окисление никеля при указанной температуре? |

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Физическая химия пирометаллургических процессов» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена и в форме выполнения и защиты курсовой работы.

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) – задание преподавателя выполнено частично, обучающийся не может воспроизвести и объяснить содержание, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

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

а) Основная **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>

**б) Дополнительная литература:**

1. 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>

2. Михайлов, Г.Г. Термодинамика металлургических процессов и систем : монография / Г.Г. Михайлов, Б.И. Леонович, Ю.С. Кузнецов. — Москва : МИСИС, 2009. — 520 с. — ISBN 978-5-87623-224-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117016>

3. 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>

4. Ивлев, С.А. Металлургические технологии. Металлургия чёрных металлов : учебное пособие / С.А. Ивлев, М.П. Клюев. — Москва : МИСИС, 2017. — 45 с. — ISBN 978-5-906846-57-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/108106>

5. 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>

в) **Методические указания:**

1. Смирнов А. Н. Термодинамика процессов горения топлива [Электронный ресурс]: методические указания для студентов по дисциплине "Физическая химия металлургических процессов" / А. Н. Смирнов, М. А. Шестобитов, С. В. Юдина; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2013. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Режим доступа: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=68.pdf&show=dcatalogues/1/1124302/68.pdf&view=true>. - Макрообъект.

2. Материальные и тепловые расчеты химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие / С. А. Крылова, З. И. Костина, И. В. Понурко, А. В. Горохов; МГТУ, [каф. ХТНМиФХ]. - Магнитогорск, 2011. - 50 с.: табл. - Режим доступа: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=36.pdf&show=dcatalogues/1/1079012/36.pdf&view=true>.- Макробъект.

3. Свечникова Н.Ю., Смирнов А.Н., Юдина С.В. Методические указания: для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Физическая химия пирометаллургических процессов» для студентов всех специальностей всех форм обучения. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2015, 29 с.

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

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование ПО | № договора | Срок действия лицензии |
| MS Windows 7 | Д-1227 от 08.10.2018 | 11.10.2021 |
| MS Office 2007 | № 135 от 17.09.2007 | бессрочно |
| FAR Manager | свободно распространяемое ПО | бессрочно |
| 7Zip | свободно распространяемое | бессрочно |

**Интернет-ресурсы**

– Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). – URL: <https://elibrary.ru/project_risc.asp>.

– Поисковая система Академия Google (Google Scholar) – URL: <https://scholar.google.ru/>.

– Информационная система – Единое окно доступа к информационным системам – URL: <http://window.edu.ru/>.

– Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности». – Режим доступа: <https://www1.fips.ru/>

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

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

|  |  |
| --- | --- |
| Тип и название аудитории | Оснащение аудитории |
| Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа | Технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийные средства хранения, передачи и представления учебной информации. Специализированная мебель |
| Учебная аудитория для проведения практических занятий | Технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийные средства хранения, передачи и представления учебной информации. Специализированная мебель |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных работ:  химические лаборатории | Химические реактивы,  Химическая посуда  Лабораторные установки  Таблица «Периодическая система химических элементов»  Плакаты по темам рабочей программы |
| Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации | Компьютерная техника с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.  Специализированная мебель |
| Помещение для самостоятельной работы | Компьютерная техника с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.  Специализированная мебель |
| Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования | Специализированная мебель.  Инструмент для профилактики лабораторных установок |