

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Вишневский Дмитрий Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 30.04.2025 11:55:50
Уникальный программный ключ:
03474917c4d012283e5ad996a48a5e70bf8da057

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет горно-металлургической промышленности и строительства
Кафедра металлургических технологий



УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по учебной
работе
Д.В. Мулов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Физико-химия металлургических систем и процессов
(наименование дисциплины)

22.03.02 Металлургия
(код, наименование направления)

Металлургия черных металлов
(профиль подготовки)

Квалификация бакалавр
(бакалавр/специалист/магистр)

Форма обучения очная, заочная
(очная, заочная)

Алчевск, 2024

1 Цели и задачи дисциплины

Цели дисциплины: Изучение теоретических основ физической химии применительно к реальным процессам, протекающим в металлургических агрегатах.

Задачи дисциплины: Формирование базовой системы знаний в области металлургии направления подготовки 22.03.02 Металлургия, профиль «Металлургия черных металлов».

Дисциплина направлена на формирование: (ПК-1) профессиональной компетенции выпускника.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Логико-структурный анализ дисциплины: курс входит в элективную часть Блока 1 «Элективные дисциплины (модули)» подготовки студентов по направлению 22.03.02 «Металлургия», профиль «Металлургия черных металлов».

Дисциплина реализуется кафедрой металлургических технологий.

Входные знания базируются на изученных дисциплинах: «Химия», «Физика», «Высшая математика», «Физическая химия».

Является основой для изучения следующих дисциплин: «Теория и технология производства стали», «Теория металлургических расплавов», «Прикладная термодинамика и кинетика».

Общая трудоемкость освоения дисциплины для очной формы обучения составляет 4 зачетные единицы, 144 часа. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (36 ч), лабораторные (18 ч), практические (18 ч) занятия и самостоятельная работа студента (72 ч).

Общая трудоемкость освоения дисциплины для заочной формы обучения составляет 4 зачетные единицы, 144 ак.ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (6 ак.ч.), лабораторные (4 ак.ч.), практические (6 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (128 ак.ч.).

Дисциплина изучается на 2 курсе в 4 семестре. Виды контроля по дисциплине: текущий, промежуточный (в форме экзамена).

3 Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Процесс изучения дисциплины «Физико-химия металлургических систем и процессов» направлен на формирование компетенций, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, обязательные к освоению

Содержание компетенции	Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, на основе знаний о физико-химических свойствах сырья для производства черных металлов.	ПК-1	ПК-1.1. Знает схемы технологических маршрутов; устройство и правила эксплуатации разгрузочно-погрузочного оборудования; технологические инструкции по подготовке шихтовых материалов к плавке; требования к физико-химическим свойствам шихтовых материалов; методику отбора контрольных проб и выполнения химического анализа шихтовых материалов. ПК-1.2. Умеет анализировать качество шихтовых материалов и их подготовки к плавке с использованием специального программного обеспечения и интегрированных информационных систем; определять возможности дальнейшего использования некондиционной шихты; контролировать работоспособность оборудования, своевременность его профилактики и ремонтов; выявлять и устранять причины выхода из строя оборудования. ПК-1.3. Владеет методиками для определения физико-химических свойств шихтовых материалов, поступающих в цех; методиками расчета необходимого количества шихтовых материалов для выполнения производственной программы; навыками контроля работоспособности оборудования; навыками Ведение учетной и технологической документации на бумажных и (или) электронных носителях.

4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 4 зачётных единицы, 144 ак.ч.

Самостоятельная работа студента (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку к лабораторным и практическим занятиям, текущему контролю, самостоятельное изучение материала и подготовку к экзамену.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на СРС для очной формы обучения в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Распределение бюджета времени на СРС

Вид учебной работы	Всего ак.ч.	Ак.ч. по семестрам
		4
Аудиторная работа, в том числе:	72	72
Лекции (Л)	36	36
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Курсовая работа/курсовой проект	-	-
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	72	72
Подготовка к лекциям	9	9
Подготовка к лабораторным работам	16	16
Подготовка к практическим занятиям / семинарам	16	16
Расчетно-графическая работа (РГР)	8	8
Реферат (индивидуальное задание)	4	4
Домашнее задание	—	—
Подготовка к контрольной работе	—	—
Подготовка к коллоквиуму	—	—
Аналитический информационный поиск	—	—
Работа в библиотеке	9	9
Подготовка к экзамену	10	10
Промежуточная аттестация – экзамен (Э)		
Общая трудоемкость дисциплины		
ак.ч.	144	144
з.е.	4	4

5 Содержание дисциплины

С целью освоения компетенции, приведенной в п.3 дисциплина разбита на 8 тем:

- тема 1 (Основные понятия и законы термодинамики);
- тема 2 (Гомогенные и гетерогенные реакции в системе «С-О-Н»);
- тема 3 (Кинетика и механизм реакций горения);
- тема 4 (Диссоциация в металлургических процессах);
- тема 5 (Общие кинетические закономерности окисления твёрдых металлов);
- тема 6 (Общие термодинамические закономерности восстановления металлов);
- тема 7 (Металлотермия. Восстановление оксидом углерода и водородом);
- тема 8 (Термодинамические особенности взаимодействия между твёрдыми оксидами).

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной и заочной формы приведены в таблице 3 и 4 соответственно.

Таблица 3 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
1	Основные понятия и законы термодинамики	Основные термодинамические понятия. Первый и второй закон термодинамики. Энтальпия, энтропия, свободная энергия. Химическое равновесие, константа химического равновесия. Принцип Ле-Шателье. Закон Гесса. Изотерма Вант-Гоффа. Правило фаз	4	Решение задач по теме	4	Термодинамика разложения карбонатов	4
2	Гомогенные и гетерогенные реакции в системе «С-О-Н»	Гомогенные и гетерогенные реакции в системе «С-О-Н». Термодинамика газовых атмосфер. Термодинамический анализ реакций горения оксида углерода, водорода, углерода, реакция водяного пара. Оценка состояния равновесия. Направление процесса и константа равновесия. Равновесный состав газа. Понятие о кислородном потенциале системы. Системы, в которых протекают данные реакции.	4	Решение задач по теме			
3	Кинетика и механизм реакций горения	Температура воспламенения и пределы давления при воспламенении газовых смесей. Закон действующих масс и константа скорости реакции. Уравнение Аррениуса. Энергия активации. Основные положения цепных реакций.	4	Решение задач по теме	4	Кинетика разложения карбонатов	4

Продолжение таблицы 3							
№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
4	Диссоциация в металлургических процессах	Общие закономерности диссоциации и образования химических соединений. Упругость диссоциации, как мера термодинамической прочности химических соединений. Температура химического кипения. Механизм и кинетика диссоциации карбонатов и оксидов. Влияние характера взаимодействия исходного соединения и продукта на упругость диссоциации	6		2		
5	Общие кинетические закономерности окисления твёрдых металлов)	Основные стадии процесса окисления. Факторы, влияющие на скорость реакции окисления. Окисление железа, влияние природы легирующего элемента на защитные свойства оксидного слоя. Строение слоя окалины.	4	Решение задач по теме	2	Термодинамика реакций Белла-Будуара	5
6	Общие термодинамические закономерности восстановления металлов	Общие термодинамические закономерности восстановления металлов.	4				
7	Металлотермия. Восстановление оксидом углерода и водородом.	Константы равновесия в системе Fe-O-C. Восстановление оксидом углерода и водородом. Прямое и косвенное восстановление железа. Диффузионный и кинетический режимы восстановления оксидов.	4		4	—	—

Продолжение таблицы 3							
№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудо- емкость в ак.ч.	Темы практи- ческих занятий	Трудоем- кость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоем- кость в ак.ч.
8	Термодинами- ческие особен- ности взаимо- действия меж- ду твёрдыми оксидами	Термодинамические особенности науглероживания металлов. Науглероживание металла оксидом углерода и метаном. Основные положения теории твёрдофазных реакций. Механизмы некоторых твёрдофазных реакций	6	Решение задач по теме	2	Восстановле- ние оксидов железа	5
	Всего аудиторных часов		36		18		18

Таблица 4 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (заочная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудо- емкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудо- емкость в ак.ч.	Тема лабораторных заня- тий	Трудоем- кость в ак.ч.
1	Основные понятия и законы термодинамики. Гомогенные и гетерогенные реакции в системе «С-О-Н»	Законы (начала) термодинамики. Химическое равновесие. Принцип Ле-Шателье. Закон Гесса. Изотерма Вант-Гоффа. Правило фаз. Термодинамика газовых атмосфер. Термодинамический анализ реакций горения оксида углерода, водорода, углерода, реакция водяного пара. Направление процесса и константа равновесия. Равновесный состав газа..	2	Решение задач по теме	2	Термодинамика разложения карбонатов	2
2	Кинетика и механизм реакций горения. Диссоциация в металлургических процессах.	Кинетика и механизм реакций горения. Температура воспламенения и пределы давления при воспламенении газовых смесей. Закон действующих масс и константа скорости реакции. Уравнение Аррениуса. Энергия активации. Основные положения цепных реакций.	2			Кинетика разложения карбонатов	2
3	Общие термодинамические закономерности восстановления металлов. Металлотермия.	Общие термодинамические закономерности восстановления металлов. Константы равновесия в системе Fe-O-C. Восстановление оксидом углерода и водородом. Прямое и косвенное восстановление железа. Диффузионный и кинетический режимы восстановления оксидов.	2	Решение задач по теме	2	Термодинамика реакций Белла-Будуара	2
	Аудиторных часов за семестр		6		4		6

6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

6.1 Критерии оценивания

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО «ДонГТУ» (https://www.dstu.education/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf) при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала.

Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний

Код и наименование компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
ПК-1	Экзамен	Комплект контролирующих материалов для экзамена

Всего по текущей работе в семестре студент может набрать 100 баллов, в том числе:

- практические работы – всего 60 баллов;
- лабораторные работы – всего 40 баллов.

Экзамен по дисциплине «Физико-химия металлургических процессов и систем» проставляется автоматически, если студент набрал в течение семестра не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную точку. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60% от максимального. Если полученная в семестре сумма баллов не устраивает студента, во время зачетной недели студент имеет право повысить итоговую оценку в форме устного собеседования по приведенным ниже вопросам (п.п. 6.5).

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Шкала оценивания знаний

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	Оценка по национальной шкале зачёт/экзамен
0-59	Не зачтено/неудовлетворительно
60-73	Зачтено/удовлетворительно
74-89	Зачтено/хорошо
90-100	Зачтено/отлично

6.2 Домашнее задание

Домашнее задание не предусмотрено

6.3 Темы для рефератов (презентаций)

1. Термодинамический анализ процесса диссоциации оксидов и карбонатов. Влияние взаимного растворения конденсированных фаз и их диспергирования на величину упругости диссоциации.
2. Механизм и кинетика высокотемпературного окисления металлов.
3. Механизм и кинетика горения водорода.
4. Окислительное рафинирование жидких металлов. Последовательность окисления примесей.
5. Термодинамический анализ процессов восстановления оксидов поливалентных металлов (Fe, Cu) газообразными восстановителями и углеродом.
6. Механизм и кинетика восстановления твердых оксидов.
7. Металлотермическое восстановление.
8. Равновесное распределение примесей между металлом и шлаком (на примере 2-3 элементов).
9. Реакции окисления твердых сульфидов. Термодинамический анализ взаимодействия твердых и газообразных фаз в системе Me-S-O.
10. Окисление жидких сульфидов кислородом при конвертировании штейнов.

6.4 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

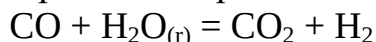
Варианты заданий для студентов очной формы обучения

Тема 1 Основные понятия и законы термодинамики

- 1) Определить :а) состав газовой смеси в массовых и объемных процентах; б) парциальное давление каждого газа, если газы- водород и кислород, объем 23л.
- 2) Каковы параметры стандартных условий? Как выразить уравнение Менделеева-Клапейрона?
- 3) Какие вещества подчиняются уравнению Менделеева-Клапейрона?

5) Смесь оксида углерода (II); оксида углерода (IV) имеет массу 70 г и занимает объем 50 дм³ под давлением $1,013 \cdot 10^5$ Па и температуре 20⁰С . Определить массу каждого газа.

6) Привести выражение константы равновесия для реакции



Константа равновесия является качественной или количественной характеристикой процесса?

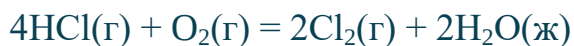
7) Вычислить изменение свободной энергии при изотермическом переходе 1 моль растворенного вещества от концентрации 0,05 к концентрации 0,01 моль/л при 17⁰ С.

Тема 2 Гомогенные и гетерогенные реакции в системе «С-О-Н»

1) Рассчитать тепловой эффект ΔH , при стандартных условиях для реакции $\text{Cu}_2\text{O} + \text{CO} = 2\text{Cu} + \text{CO}_2$

2) Как читается закон Гесса?

3) При какой температуре наступит равновесие системы?



4) Вычислить тепловой эффект химической реакции (при 298 К)

$2\text{SO}_{2(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} = 2\text{SO}_{3(\text{г})}$ и определить, на сколько при этой температуре отличается ΔH от ΔU .

5) Как по уравнению Аррениуса в логарифмической форме графически определяют энергию активации?

Тема 3 Кинетика и механизм реакций горения

1) Определить возможность протекания реакции в стандартных условиях $\text{CO} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$

2) Пользуясь справочными данными вычислить удельную теплоемкость (на 1 кг) вещества Мп при температуре $T=500\text{K}$.

Тема 4 Диссоциация в металлургических процессах

1) В воздухе обычно содержится 0,04% CO_2 . При какой температуре реакция диссоциации карбоната а) магния; б) кальция на воздухе будет находиться в равновесии?

2) Рассчитайте равновесное парциальное давление кислорода в реакциях диссоциации а) FeO ; б) Fe_2O_3 (в Fe_3O_4); в) NiO ; г) MnO ; при температуре 1500 К.

3) Расположите в ряд по увеличению упругости диссоциации сульфиды MnS , CaS , FeS . Температура 1500 К. Какой самый прочный?

Тема 5 Общие кинетические закономерности окисления твёрдых металлов

1) Давление насыщенного пара чистого марганца при 1650⁰С составляет 0,08 атм. Концентрация Мп в стали 0,68%. Если $f = 1,3$, чему равна активность марганца? давление насыщенного пара Мп над раствором?

2) Рассчитать активность серы в расплаве следующего состава, %: С = 0,3; Cr = 13,0; Mn = 0,2; Si = 0,5; S = 0,020; Fe – ост.

Тема 6 Общие термодинамические закономерности восстановления металлов

1) Определите температуру начала восстановления твердым углеродом железа из FeO. Оцените влияние изменения давления на эту температуру.

2) Определить растворимость водорода в железе при температуре 1600 °С и парциальных давлениях $p_{\text{N}_2\text{O}}=0,01$ атм и $p_{\text{N}_2}=0,00005$ атм. Определить объем водорода поглощенный 1 см³ железа ($\rho_{\text{Fe}} = 7\text{ г/см}^3$).

Тема 7 Металлотермия. Восстановление оксидом углерода и водородом

1) Рассчитайте изменение ΔG^0 и K_p при температуре 1300 К для реакций восстановления Fe₃O₄ и FeO оксидом углерода и водородом. Определите направление реакций и сделайте вывод о предпочтительном восстановителе для каждой пары реакций.

2) Возможно ли получение железа из монооксида, в печи с температурой 1200 К и атмосферой следующего состава:

а) CO = 21%, CO₂ = 24 %, N₂ = 55%

б) H₂ = 4%, H₂O = 24%, N₂ = 77%

3) Определите изменение ΔG^0 при температуре 1400 К для реакций восстановления MnO водородом, оксидом углерода и углеродом. Сделайте вывод о предпочтительном восстановителе.

4) Определите состав равновесной атмосферы при температуре 1700 К для реакций восстановления MnO водородом и оксидом углерода. Исходная атмосфера – чистый восстановитель. Укажите влияние изменения давления в системе на равновесный состав.

Тема 8 Термодинамические особенности взаимодействия между твёрдыми оксидами

1) Определить массовый процент, мольную долю и мольный процент компонентов в расплаве, содержащем 30 г Cd, 40 г Pb, 50 г Sn.

2) Если катализатор имеет достаточно развитую поверхность, то выделяют следующие стадии каталитического процесса гетерогенных реакций (перечислить все стадии)

3) Содержание серы в чугуна 0,03%. Коэффициент распределения серы $L_S = 60$. Количество чугуна 100 т и шлака 25 т. Сколько шлака нужно добавить, чтобы содержание серы в чугуна уменьшилось до 0,02%? Содержание серы в добавленном шлаке 0,1%.

Варианты для выполнения расчетного задания на тему «Термодинамические расчеты восстановительных процессов».

Задача 1. Определить равновесные составы газовых фаз реакций восстановления оксидов железа монооксидом углерода при заданной температуре (см.таблицу с вариантами задания) и $p_{\Sigma} = 1$.

Задача 2. Рассчитать равновесные составы газовой фазы в реакциях восстановления оксидов железа водородом при заданной температуре (см. таблицу с вариантами задания) и $p_{\Sigma} = 1$.

Варианты задания

$p_{\Sigma} = 1$ (для всех вариантов)

№ варианта	T, К	№ варианта	T, К	№ варианта	T, К
1	1620	10	1400	19	1150
2	1600	11	1370	20	1120
3	1570	12	1350	21	1090
4	1550	13	1320	22	1080
5	1520	14	1270	23	1070
6	1490	15	1250	24	1020
7	1470	16	1220	25	970
8	1450	17	1200	26	920
9	1420	18	1170	27	840

Варианты заданий для студентов заочной формы обучения

Контрольная работа состоит из составления реферата по какому-либо вопросу физико-химии металлургических систем и процессов, решения двух задач по индивидуальному варианту и выполнения расчетного задания. Индивидуальные варианты для выполнения расчетного задания и образец выполнения находятся у преподавателя.

Решить задачу 1 согласно своему варианту (см. данные в таблице 1)

Условие: В сосуде объемом V_m^3 (таблица 13.1) находится m_A кг газа А, m_B кг газа Б и m_B кг газа В при температуре $t, ^\circ\text{C}$. Определить :

- состав газовой смеси в массовых и объемных процентах;
- парциальное давление каждого газа;
- общее давление в сосуде;
- плотность газовой смеси при заданных и нормальных условиях.

Таблица 1

Вариант	$V_1, \text{м}^3$	$m_A, \text{кг}$	$m_B, \text{кг}$	$m_B, \text{кг}$	А	Б	В	t
1	2	1	10	5	H ₂	O ₂	CO	17
2	3	2	9	4	CO ₂	N ₂	H ₂ O	127
3	4	3	8	3	CH ₄	H ₂	O ₂	37
4	5	4	7	2	CO	CO ₂	N ₂	47
5	6	5	6	1	H ₂ O	CH ₄	H ₂	107
6	7	6	5	15	O ₂	CO	CO ₂	67
7	8	7	4	14	N ₂	H ₂ O	CH ₄	117
8	9	8	3	13	H ₂	O ₂	CO	17
9	10	9	2	12	CO ₂	N ₂	H ₂ O	137
10	11	10	1	11	CH ₄	H ₂	O ₂	57
11	12	11	1	10	CO	CO ₂	N ₂	77
12	13	12	2	9	H ₂ O	CH ₄	H ₂	147
13	14	13	3	8	O ₂	CO	CO ₂	10

Продолжение таблицы 1								
Вариант	V ₁ , м ³	m _A , кг	m _B , кг	m _B , кг	A	Б	В	t
14	15	14	4	7	N ₂	H ₂ O	CH ₄	100
15	16	15	5	6	H ₂	O ₂	CO	20
16	17	16	6	5	CO ₂	N ₂	H ₂ O	110
17	18	17	7	4	CH ₄	H ₂	O ₂	30
18	19	18	8	3	CO	CO ₂	N ₂	40
19	20	19	9	2	H ₂ O	CH ₄	H ₂	120
20	21	20	10	1	O ₂	CO	CO ₂	50

Решить задачу 2. Рассчитать тепловой эффект ΔH при стандартных условиях для реакции, приведенной для каждого варианта (таблица 2). Расчет провести на 1 моль и 1 кг каждого вещества, а также на 1 м³ для одного из газообразных веществ при нормальных условиях (значения ΔH₂₉₈⁰ веществ приведены в справочных таблицах).

Таблица 2

Вариант	Реакция	Вариант	Реакция
1	$C + CO_2 = 2CO$	16	$C + 2H_2O_{(r)} = CO_2 + 2H_2$
2	$4Fe + 3O_2 = 2Fe_2O_3$	17	$CO + H_2O_{(r)} = CO_2 + H_2$
3	$MnO + CO = Mn + CO_2$	18	$Cr_2O_3 + 3H_2 = 2Cr +$
4	$CaCO_3 = CaO + CO_2$	19	$NiO + H_2 = Ni + H_2O_{(r)}$
5	$NiO + CO = Ni + CO_2$	20	$MnO + H_2 = Mn + H_2O$
6	$MgCO_3 = MgO + CO_2$	21	$2Ni + O_2 = 2NiO$
7	$FeS + CaO = CaS + FeO$	22	$2Mn + O_2 = 2MnO$
8	$2C + O_2 = 2CO$	23	$Cr_2O_3 + 3CO = 2Cr + CO_2$
9	$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O_{(r)}$	24	$Ca(OH)_2 = CaO + H_2O_{(r)}$
10	$Fe_2O_3 + 3H_2 = 2Fe + 3H_2O_{(r)}$	25	$4MnO + O_2 = 2Mn_2O_3$
11	$2CO + O_2 = 2CO_2$	26	$Mn_2O_3 + 3CO = 2Mn + 3CO_2$
12	$CH_4 + H_2O = CO + 3H_2$	27	$Mn_2O_3 + 3H_2 = 2Mn + 3H_2O_{(r)}$
13	$3FeCO_3 = Fe_3O_4 + 2CO_2 + CO$	28	$2MnS + 3O_2 = 2MnO + 2SO_2$
14	$MgO + CO = Mg + CO_2$	29	$Mn_2O_3 + 3H_2 = 2MnO + H_2O_{(r)}$
15	$2CH_4 + 3O_2 = 2CO + 4H_2O_{(r)}$	30	$MgO + H_2 = Mg + H_2O_{(r)}$

Варианты для выполнения расчетного задания.

Индивидуальные варианты для выполнения расчетного задания и образец выполнения находятся у преподавателя.

Для выполнения и оформления лабораторных работ используются "Методические указания для проведения лабораторных работ по курсу Теория металлургических процессов"

6.5 Вопросы для подготовки к экзамену

- 1 Если для реакции задано $\Delta H^\circ > 0$, то она экзотермическая или эндотермическая?
- 2 В системе $C - O$ повысили давление. Изменится ли равновесное содержание CO ? CO_2 ?
- 3 Как формулируется принцип Ле-Шателье?
- 4 Каково определение константы равновесия газовой реакции?
- 5 Как связаны между собой константы равновесия прямой и обратной реакции?
- 6 При каких условиях возможно самопроизвольное протекание реакции (т. е. $\Delta G_T^0 < 0$), если для нее $\Delta H_T^0 > 0$?
- 7 Если $K_p > 1$, в равновесной смеси больше продуктов реакции или исходных веществ (до реакции исходные вещества были взяты в равных концентрациях)?
- 8 В какую сторону сдвигается равновесие реакций окисления H_2 и CO кислородом с увеличением температуры?
- 9 При какой температуре константа равновесия реакции водяного газа равна 1?
- 10 В каком температурном интервале, при диссоциации оксидов железа, обязательно присутствует FeO ?
- 11 В металлургический агрегат загрузили флюс (карбонаты Ca и Mg). Как повлияют изменения температуры на конечные (равновесные) количества CO_2 в атмосфере агрегата?
- 12 Что такое температура химического кипения карбонатов?
- 13 Что такое упругость диссоциации?
- 14 Как изменится упругость диссоциации оксидов Fe с ростом T ?
- 15 Особенности последовательной диссоциации оксидов Fe в зависимости от температуры.
- 16 С увеличением температуры упругость диссоциации карбонатов растет или падает?
- 17 Как формулируется принцип последовательных превращений А. Байкова?
- 18 Карбонаты кальция и магния разлагаются с выделением или поглощением тепла?
- 19 Какие процессы относят к гомогенным? Какие к гетерогенным?
- 20 Реакции диссоциации оксидов железа идут с выделением или поглощением тепла?
- 21 Если процесс осуществляется в несколько последовательных стадий, каждая из которых проходит с определенной скоростью, как определяется скорость процесса в целом?

- 22 Если процесс осуществляется в несколько параллельных стадий, каждая из которых проходит с определенной скоростью, как определяется скорость процесса в целом?
- 23 Чем отличается «прямое» восстановление железа от косвенного ?
- 24 Как нарисовать и объяснить диаграмму равновесных газовых смесей при восстановлении оксидов Fe с помощью CO?
- 25 Как нарисовать и объяснить диаграмму равновесных газовых смесей при восстановлении оксидов Fe с помощью H₂?
- 26 Как выглядит механизм «прямого» (косвенного) восстановления оксидов?
- 27 Расходуется ли водород при «прямом» восстановлении оксидов?
- 28 Расходуется ли твердый углерод при «прямом» восстановлении оксидов?
- 29 Как повлияет увеличение давления на развитие прямого восстановления оксидов Fe?
- 30 При каких температурах CO более «сильный» восстановитель оксидов железа, чем H₂?
- 31 Какие поправки в характеристики процесса восстановления металла из оксида вносит наличие их растворов?
- 32 Чем отличается восстановление твердым C от восстановления CO?
- 33 Что такое металлотермия?

6.6 Примерная тематика курсовых работ

Курсовая работа не предусмотрена

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Рекомендованная литература

Основная литература

1. Верховлюк А.М. Физическая химия — основа металлургических процессов : учебное пособие / Верховлюк А.М., Верховлюк Г.А.. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. — 216 с. — ISBN 978-5-9729-0568-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART <https://www.iprbookshop.ru/115194.html>
2. Жуков, Б. Д. Физическая химия: Учебник / Б. Д. Жуков. — Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "КноРус", 2022. — 352 с. Электронный доступ: <https://www.elibrary.ru>
3. Основы физической химии [Электронный ресурс] : О-75 учебник : в 2 ч. Ч. 1 : Теория / В. В. Еремин [и др.]. — 5-е изд., перераб. и доп. (эл.).— Электрон. текстовые дан.(1 файл pdf : 351 с.). — М. : Лаборатория знаний, 2019. — (Учебник для высшей школы). — Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". <https://studfile.net/preview/16442864/>
4. Химическая термодинамика: учебник / А.Ю. Зуев, Д.С. Цветков; Министерство науки и Высшего Образования Российской Федерации, Уральский федеральный университет. — Екатеринбург: Изд-во Урал. Ун-та, 2020. — 183с. — Библиогр.: с.182.— 150 экз.— ISBN 978-5-7996-3029-4.— Текст: непосредственный. https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/93300/1/978-5-7996-3029-4_2020.pdf
5. Сборник задач по физической химии. Электрохимия, химическая кинетика: учебное пособие / В. Ю. Конюхов, А. В. Гребенник, А. Ю. Крюков, О. И. Воробьева. —М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2021. — 224 с. <https://www.muotr.ru/upload/iblock/c37/c3754560bf918cddb9dcaaf7b1167afc.pdf?ysclid=lq571qyslm815357157>

Дополнительная литература

1. Зимон, А.Д. Физическая химия [Текст]: Учебник / А.Д. Зимон. — М.: КРАСАНД, 2020 — 318с. Электронный вариант <http://i.uran.ru/webcab/system/files/bookspdf/fizicheskaya-himiya/fizicheskaya.pdf>
2. Литвинова, Т. Н. Общая и неорганическая химия: учебник / Т. Н. Литвинова, А. В. Темзокова, А. Т. Тхакушинова. — Ростов н/Д: Феникс, 2020. — 553 с. То же [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://vk.com/doc52147895_661463467?hash=1f6jQg0XV1NfOYbc94v8tpZ8GkWoZTc6AMZJJXOhTB4
3. Лекции по курсу "Процессы и аппараты химической технологии". - 4-е изд., стереотип. - СПб.: ХИМИЗДАТ, 2020. - 608 с.: ил. ISBN 078-5-93808-348-7 <https://obuchalka.org/20220108140123/lekcii-po-kursu-processi-i-apparati-himicheskoi-tehnologii-frolov-v-f-2020.html>

Учебно-методическое обеспечение

1. Методические указания к выполнению лабораторных работ на тему «Основы химической термодинамики» по дисциплине «Физическая химия» (для студ. 1-го курса техн. спец. очной и заочной форм обучения) / Сост.: Е. С. Божанова – Алчевск: ДонГТИ, 2021.– 12с.

[Методические указания к выполнению лабораторных работ на тему «Основы химической термодинамики» по дисциплине «Физическая химия»](#)

3. Методические указания к выполнению лабораторных работ на тему «Химическая кинетика и химическое равновесие» по дисциплине «Физическая химия» (для студ. 1 и 2-го курсов техн. спец. очной и заочной форм обучения) / Сост.: Е. С. Божанова – Алчевск: ДонГТИ, 2021.– 17 с.

[Методические указания к выполнению лабораторных работ на тему «Химическая кинетика и химическое равновесие» по дисциплине «Физическая химия»](#)

4. Методические указания к выполнению лабораторных работ на тему «Растворы» по дисциплине «Физическая химия» (для студ. 1 и 2-го курсов техн. спец. очной и заочной форм обучения) / Сост.: Е. С. Божанова – Алчевск: ДонГТИ, 2021.– 13с.

[Методические указания к выполнению лабораторных работ на тему «Растворы» по дисциплине «Физическая химия»](#)

5. Божанова, Е.С. Практикум по физической химии. Избранные разделы и контрольные задания: учебное пособие. / Е.С. Божанова. – Алчевск: ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2021. – 110 с.

[«Практикум по физической химии. Избранные разделы и контрольные задания»](#) (для бакалавров всех форм обучения по направлениям подготовки 22.03.02 «Металлургия» и 18.03.01 «Химическая технология») (Учебное пособие)

7.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная библиотека ДонГТУ: официальный сайт.— Алчевск. — URL: library.dstu.education.— Текст: электронный.

2. Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова : официальный сайт. — Белгород. — URL: <http://ntb.bstu.ru/jirbis2/>.— Текст: электронный.

3. Консультант студента: электронно-библиотечная система.— Москва. — URL: <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>.— Текст: электронный.

4. Университетская библиотека онлайн: электронно-библиотечная система.— URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red.— Текст: электронный.

5. IPR BOOKS: электронно-библиотечная система.— Красногорск. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/>. —Текст: электронный.

6. ЭБС Издательства "Университетская библиотека онлайн" <http://e.lanbook.com/>
7. ЭБС Издательства "ЛАНЬ": [сайт]. – <https://e.lanbook.com/>
8. Цифровая библиотека IPR SMART: [сайт]. – <https://www.iprbookshop.ru/>
9. Национальная электронная библиотека: [сайт]. – <https://rusneb.ru/>
10. Российская Государственная Библиотека: [сайт]. – <https://diss.rsl.ru/>
11. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»: [сайт]. – <https://cyberleninka.ru/>
12. Научная электронная библиотека eLIBRARY: [сайт]. – <https://elibrary.ru/defaultx.asp?/>
13. Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» – <https://biblio.asu.edu.ru>
14. ЭБС «Университетская Библиотека Онлайн» <https://biblioclub.ru>
15. Информационно-библиотечный комплекс «Политех» <https://library.spbstu.ru>

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов деятельности в процессе обучения, соответствует требованиям ФГОС ВО.

Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 7.

Таблица 7 – Материально-техническое обеспечение

Наименование оборудованных учебных кабинетов	Адрес (местоположение) учебных кабинетов
Вытяжной шкаф; Прибор КФК; Спектрофотометр; Термостат; Муфельная печь; Аппарат для встряхивания жидкости; Универсальный иономер ЭВ-74; Калориметр ОХ-12; Весы аналитические WA21; Весы технические, разновесы; Весы электронные торговые СAAZ; Фотоколориметр KF -77; Вакуумный насос; Магнитная мешалка; Холодильник «Ярна»; Плитка электрическая; Доска аудиторная; Таблица элементов Д.И.Менделеева; Наглядные пособия; Набор химических реактивов. Численность посадочных мест- 30 человек	306 главный корпус Лаборатория физической химии и аналитического контроля
Интерактивная доска, компьютеры, планшеты, раздаточный материал для лабораторных работ, вытяжной шкаф, лабораторный стол преподавателя, лабораторные столы для студентов, учебный стенд, оборудование для лабораторных работ. Численность посадочных мест- 30 человек	406 главный корпус Лаборатория общей химии

Лист согласования РПД

Разработал
старший преподаватель кафедры
металлургических технологий
(должность)


(подпись) Е.С. Божанова
(Ф.И.О.)

(должность)

(подпись) (Ф.И.О.)

(должность)

(подпись) (Ф.И.О.)

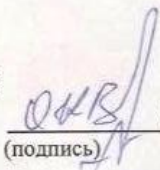
И.о. заведующего кафедрой
металлургических технологий


(подпись) Н.Г. Митичкина
(Ф.И.О.)

Протокол №1 заседания кафедры
металлургических технологий

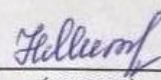
от 30.08.2024г.

И.о. декана факультета горно-металлургической
промышленности и строительства


(подпись) О.В. Князьков
(Ф.И.О.)

Согласовано

Председатель методической
комиссии по направлениям подготовки
22.03.02 «Металлургия»
Профиль «Металлургия черных металлов»


(подпись) Н.Г. Митичкина
(Ф.И.О.)

Начальник учебно-методического центра


(подпись) О.А. Коваленко
(Ф.И.О.)

Лист изменений и дополнений

Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений	
ДО ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:	ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:
Основание:	
Подпись лица, ответственного за внесение изменений	