



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 природных энергоносителей и углеродных материалов

Уровень высшего образования - бакалавриат

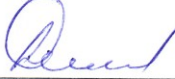
Форма обучения
заочная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалобработки
Кафедра	Металлургии и химических технологий
Курс	3

Магнитогорск
2024 год


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

Программа практики/НИР рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Металлургии и химических технологий
09.01.2024 протокол №4

Зав. кафедрой  А.С. Харченко

Программа практики/НИР одобрена методической комиссией ИММиМ
20.02.2024 г. Протокол № 4

Председатель  А.С. Савинов

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

Рецензент:
доцент кафедры Химии, канд. техн. наук  Л.Г. Коляда

Лист актуализации рабочей программы

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

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.С. Харченко

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 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 2027 - 2028 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 2028 - 2029 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 2029 - 2030 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 обязательную часть учебного плана образовательной программы.

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

Техническая термодинамика и теплотехника

Технологии металлургического производства

Физическая химия

Математика

Физика

Общая химическая технология

Общая и неорганическая химия

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

Коксование углей

Массообменные процессы химической технологии

Планирование эксперимента и моделирование химико-технологических процессов

Применение топлива в металлургическом процессе

Производственная - технологическая (проектно-технологическая) практика

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

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

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

	химические методы для решения задач профессиональной деятельности
--	---

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

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

- контактная работа – 10,6 акад. часов;
- аудиторная – 8 акад. часов;
- внеаудиторная – 2,6 акад. часов;
- самостоятельная работа – 160,7 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 8,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1.								
1.1 1.1 1.Термодинамика и кинетика реакций горения в газовой фазе, гетерогенные реакции 1.1. Анализ равновесия реакций горения водорода и монооксида углерода, Кислородный потенциал газовой фазы. Реакция водяного газа. 1.2. Кинетика и механизм реакций горения. Термодинамика реакций горения углерода						Выполнение индивидуального домашнего задания Разработка алгоритма выполнения решения задачи	Выполнение домашней контрольной работы Собеседование.	ОПК-2.1, ОПК-2.2
1.2 .2 2. Термодинамический анализ процессов термической диссоциации химических соединений 2.1. Диссоциация карбонатов и окислов 2.2. Кинетика, механизм процесса диссоциации карбонатов	3					Подготовка к лабораторной работе №1 Подготовка к лабораторной работе №2 и отчета по лабораторной работе №1 Разработка алгоритма выполнения решения задачи Подготовка отчета по лабораторной работе №2 Выполнение домашней контрольной работы Собеседование.	Выполнение и обсуждение данных лабораторной работы № 1 Защита лабораторной работы №1. Решение задач Защита лабораторной работы № 2 Выполнение домашней контрольной работы Собеседование.	ОПК-2.1, ОПК-2.2

1.3 1.3 Механизм и основные кинетические закономерности процессов окисления металлов 3.1. Общая характеристика восстановительно-окислительных реакций. Механизм и кинетика восстановления оксидов 3.2. Термодинамика восстановления металлов газами 3.3. Восстановление оксидов металла водородом и оксидом углерода 3.4 Карбо - металлотермическое восстановление оксидов					0,5	28	Разработка алгоритма выполнения решения задачи Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	Выполнение домашней контрольной работы Собеседование.	ОПК-2.1, ОПК-2.2
1.4 .4 4. Металлургические расплавы 4.1 Активность компонентов в растворах. 4.2.Металлургические шлаки. Теории (модели) металлургических расплавов 4.3. Сущность окислительного рафинирования железных сплавов					0,5	34,7	Выполнение индивидуального домашнего задания Разработка алгоритма выполнения решения задачи Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	Выполнение домашней контрольной работы Собеседование.	ОПК-2.1, ОПК-2.2
1.5 1.5 5. Процессы дефосфорации, десульфурации в железных сплавах. Раскисление металлов. Поверхностные явления в металлургических 5.1 Процессы дефосфорации, десульфурации в железных сплавах 5.2 Раскисление металлов 5.3 Поверхностно активные вещества			3			28	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы Разработка алгоритма выполнения решения задачи Выполнение домашней контрольной работы	Выполнение домашней контрольной работы Собеседование.	ОПК-2.1, ОПК-2.2
Итого по разделу	2	2	4			160,7			
Итого за семестр	2	2	4			160,7		экзамен	
Итого по дисциплине	2	2	4			160,7		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. Петелин, А. Л. Термодинамика и кинетика металлургических процессов. Курс лекций : учебное пособие / А. Л. Петелин, Е. С. Михалина. — Москва : МИСИС, 2005. — 92 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/1846>

2. Термодинамика, кинетика и расчеты металлургических процессов : учебное пособие / 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>

3. 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>

б) Дополнительная литература:

1. Падерин, С. Н. Теория гомогенных и гетерогенных процессов: Теория и расчеты высокотемпературных систем и процессов : учебное пособие / С. Н. Падерин, Г. В. Серов, Д. И. Рыжонков. — Москва : МИСИС, 2003. — 164 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117021>

2. Падерин, С. Н. Физико-химия металлов и неметаллических материалов : учебно-методическое пособие / С. Н. Падерин, Г. В. Серов. — Москва : МИСИС, 2007. — 94 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/1865>

3. Котельников, Г. И. Термодинамика и кинетика металлургических процессов: физико-химические расчеты распределения компонентов между металлом, шлаком и газом с использованием компьютерной программы «ГИББС – МИСиС» : учебное пособие / Г. И. Котельников, А. В. Павлов, А. А. Толстолуцкий. — Москва : МИСИС, 2011. — 49 с. — ISBN 978-5-87623-417-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116989>

в) Методические указания:

1. Смирнов, А. Н. Термодинамика процессов горения топлива : 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). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/3573>

2. Школьников, Е. В. Физико-химические методы анализа. Теоретические основы и контрольные задания : учебное пособие / Е. В. Школьников. —

Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2020. — 52 с. — ISBN 978-5-9239-1189-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/159314>

3. Аминова, Э. К. Физико-химические методы анализа : учебное пособие / Э. К. Аминова. — Уфа : УГНТУ, 2019. — 49 с. — ISBN 978-5-7831-1800-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/179267>

4. Физико-химические методы анализа : методические указания / составители С. Б. Кочерегин, Е. В. Бочагина. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2018. — 48 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/108136>

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно
Adobe Audition CS 5.5 Academic Edition	К-615-11 от 12.12.2011	бессрочно
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/
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/
Российская Государственная библиотека. Каталоги	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://host.megaprolib.net/MP0109/Web

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Приложение 1

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

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_2 . Реакции неполного и полного горения углерода. Равновесный состав газа. Воспламенение газовых смесей. Цепные реакции. Кинетика и механизм горения твердого углерода. Основы кинетики гетерогенных процессов. Характеристика диффузионных процессов. Особенности процессов в кинетической и диффузионной областях.

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

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

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

Формулировка индивидуального задания №1

Для реакции водяного газа $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$ определить возможное направление реакции и равновесный состав газа при температурах: 700, 800, 900 и 1000° С, если исходная газовая смесь содержит 23% CO и 27% H_2O , 20% CO_2 и 30% H_2 .

Определить равновесный состав газа в реакции Белла-Будуара $\text{C}_{\text{тв}} + \text{CO}_2 = 2\text{CO}$

Формулировка индивидуального задания №2

Задача 1

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

Таблица 1

Состав шлакового расплава мас. %

Вариант	CaO	MgO	MnO	FeO	SiO ₂	P ₂ O ₅
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 ϵ_{ij} компонентов сплавов на основе железа при 1600 0С

Элемент i	Элемент J						
	C	Si	Mn	Cr	S	P	CO
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

Методические рекомендации для подготовки к зачету

Подготовка к промежуточной аттестации по дисциплине заключается в изучении теоретического материала по конспектам лекций, источникам основной и дополнительной литературы, включая темы самостоятельного изучения, ориентируясь на список контрольных вопросов по соответствующим темам.

При самостоятельном изучении материала рекомендуется заносить в тетрадь основные понятия, термины, формулировки законов, формулы и уравнения, выводы по изучаемой теме. Изучение любого вопроса необходимо проводить на уровне сущности, а не на уровне отдельных явлений. Это способствует более глубокому и прочному усвоению материала.

В случае затруднения при изучении дисциплины следует обращаться за консультацией к преподавателю.

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

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ОПК-1	Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области металлургии	

ОПК-1.1	Решает профессиональные задачи в области металлургии и процессов металлообработки, используя фундаментальные знания	Термодинамика и кинетика реакций горения в газовой фазе, гетерогенные реакции. Законы Гесса, Кирхгофа и следствия из них. Термодинамические функции (потенциалы), химический потенциал. Анализ равновесия реакций горения водорода и монооксида углерода, Кислородный потенциал газовой фазы. Реакция водяного газа. Кинетика и механизм реакций горения. Термодинамика реакций горения углерода
---------	---	--

ОПК 1.2	Владеет способами и приемами решения исследовательских задач в предметной области металлургии и металлообработки	<p>Термодинамический анализ процессов термической диссоциации химических соединений. Упругость диссоциации.</p> <p>Диссоциация карбонатов и окислов. Кинетика, механизм процесса диссоциации карбонатов</p> <p>Механизм и основные кинетические закономерности процессов окисления металлов</p> <p>Общая характеристика восстановительно-окислительных реакций. Механизм и кинетика восстановления оксидов.</p> <p>Термодинамика восстановления металлов газами. Восстановление оксидов металла водородом и оксидом углерода. Карбо - металлотермическое восстановление оксидов.</p>
---------	--	--

ОПК 1.3	Применяет фундаментальные междисциплинарные знания для решения задач в профессиональной деятельности	Металлургические расплавы. Активность компонентов в растворах. Metallургические шлаки. Сущность окислительного рафинирования железных сплавов, вакуумировани. Процессы дефосфорации, десульфурации в железных сплавах. Раскисление металлов. Поверхностные явления в металлургических. Поверхностно активные вещества.
---------	--	--

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 зачета.

Зачет по данной дисциплине проводится в виде теста или в устной форме по вопросам из списка, доведенного до сведения студентов.

Показатели и критерии оценивания зачета:

– оценку **«зачтено»** студент получает, если может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, может дать оценку предложенной ситуации, правильно отвечает на не менее чем 50% вопросов теста.

– оценку **«не зачтено»** студент получает, если не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации и дать оценку предложенной ситуации, правильно отвечает на менее чем 50 % вопросов теста.