

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра металлургии цветных металлов и химической технологии

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ И.В. Зоря

подпись

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

«Теория металлургических процессов»

наименование учебной дисциплины

22.03.02 Металлургия

код и наименование направления подготовки (специальности)

Металлургия

наименование направленности (профиля)

Квалификация выпускника

бакалавр

наименование

Форма обучения

очная

очная, очно-заочная, заочная

Срок обучения 4 года

Год начала подготовки 2019

Новокузнецк  
2019

## 1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целью учебной дисциплины является: освоение обучающимися применения законов и понятий физической химии для анализа реакций металлургических процессов.

Задачами учебной дисциплины являются:

- обучение термодинамическому и молекулярно-кинетическому анализу реакций металлургических процессов.
- формирование у обучающихся навыков проведения термодинамического анализа металлургического процесса и своевременного реагирования на его ход.

## 2 Место учебной дисциплины в структуре ООП по направлению подготовки (специальности)

Учебная дисциплина относится к учебным дисциплинам базовой части **Блока 1. Дисциплины (модули)** ООП по направлению подготовки (специальности) 22.03.01 «Металлургия».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

- «Введение в профессиональную деятельность»;
- «Неорганическая химия»;
- «Физическая химия».

Учебная дисциплина дополняет знания, умения и навыки, получаемые по одновременно изучаемым и последующим дисциплинам:

- «Организация научных исследований»;
- «Производство цветных металлов»;
- «Литейное и сварочное производство»;
- «Металлургия черных металлов»;
- «Обработка металлов давлением».

## 3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- **общепрофессиональные компетенции:**

Код и наименование ОПК	Планируемые результаты обучения
ОПК-4. Готовностью сочетать теорию и практику для решения инженерных задач.	Знать: взаимосвязь теоретических знаний и их приложений к инженерной практике; Уметь: применять изученные основы дисциплин к физико-химическим процессам; Владеть: готовностью сочетать теорию и практику для решения инженерных задач.

- **профессиональные компетенции:**

Код и наименование ПК	Планируемые результаты обучения
-----------------------	---------------------------------

ПК-4.Готовностью использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы.	<p>Знать: законы химической термодинамики; термодинамики растворов; молекулярно-кинетической теории; основные закономерности химических и физико-химических процессов;</p> <p>Уметь: применять методы дифференциального и интегрального исчисления; исследовать поведение термодинамических функций; прогнозировать и определять направления химических реакций; рассчитывать и анализировать химические и физико-химические процессы;</p> <p>Владеть: методами измерения тепловых эффектов химических реакций, равновесных и кинетических характеристик; методами анализа и навыками расчета металлургических процессов.</p>
---	---

#### 4 Объем и содержание учебной дисциплины

Учебные занятия по учебной дисциплине проводятся в форме контактной работы и в форме самостоятельной работы обучающихся.

Контактная работа обучающихся с преподавателем включает в себя занятия лекционного типа (лекции), занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы), групповые консультации и индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, промежуточную аттестацию обучающихся и иную контактную работу, предусматривающую групповую или индивидуальную работу обучающихся с преподавателем. Контактная работа обучающихся с преподавателем может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде.

Рабочей программой дисциплины предусмотрено проведение лекций, практических занятий (семинаров), лабораторных работ. Особое место в овладении учебной дисциплины отводится самостоятельной работе, позволяющей получить максимальное представление о данной учебной дисциплине.

#### Объем учебной дисциплины

Семестр / курс		<b>ИТОГО</b>	<b>3 сем.</b>	<b>4 сем.</b>
Форма промежуточной аттестации			<i>экзамен</i>	<i>экзамен</i>
Трудоёмкость	<i>академ. час.</i>	<b>216</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
	<i>зачетных единиц</i>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
Лекции, <i>академ. час.</i>		<b>34</b>	18	16
Лабораторные работы, <i>академ. час.</i>		<b>16</b>	0	16
Практические работы, <i>академ. час.</i>		<b>34</b>	18	16
Курсовая работа / проект, <i>академ. час.</i>		<b>0</b>	0	0
Консультации, <i>академ. час.</i>		<b>0</b>	0	0
Самостоятельная работа, <i>академ. час.</i>		<b>96</b>	54	42
Контроль, <i>академ. час.</i>		<b>36</b>	18	18

#### Содержание учебной дисциплины

##### Раздел 1. Физико-химические основы горения топлива.

Тема 1.1. Термодинамический анализ горения газообразного топлива. Термодинамика горения  $H_2$ ,  $CO$  и природного газа. Механизм и кинетика реакций горения газообразного топлива.

Тема 1.2. Термодинамический анализ реакций газификации и горения углерода.

Термодинамический анализ реакции газификации углерода. Термодинамический анализ реакций горения углерода. Гетерогенная кинетика. Механизм и кинетика реакций газификации и горения углерода. Опыт Лангмюра.

Тема 1.3. Окислительно-восстановительный потенциал газовой фазы.

**Раздел 2.** Термическое разложение соединений и окисление металлов.

Тема 2.1. Термодинамический анализ диссоциации карбонатов и оксидов. Упругость диссоциации. Температуры начала разложения и химического кипения. Механизм и кинетика термической диссоциации соединений. Особенности кинетики диссоциации соединений.

Тема 2.2. Термодинамика окисления металлов. Кинетика окисления металлов. Механизм окисления железа. Защита от высокотемпературного окисления.

**Раздел 3.** Физико-химические основы восстановительных процессов.

Тема 3.1. Правило Байкова. Термодинамический анализ восстановления оксидов железа водородом. Термодинамический анализ восстановления оксидов железа оксидом углерода (II). Сравнение восстановительных способностей водорода и оксида углерода (II). Механизм и кинетика восстановления оксидов железа газообразными восстановителями.

Тема 3.2. Термодинамический анализ восстановления оксидов железа углеродом. Особенности фазового равновесия в присутствии углерода. Механизм и кинетика восстановления оксидов железа углеродом.

**Раздел 4.** Термодинамика металлических расплавов.

Тема 4.1. Характеристика жидкого состояния металлов. Термодинамическая активность компонента раствора. Стандартные состояния. Параметры взаимодействия. Учет влияния элементов друг на друга.

Тема 4.2. Модель регулярного металлического раствора. Энергия взаимообмена. Определение коэффициента активности компонента раствора.

**Раздел 5.** Термодинамика шлаковых расплавов.

Тема 5.1. Электролитическая природа шлака. Расчет ионных долей компонентов шлакового раствора. Модель совершенного ионного шлакового раствора. Определение активности компонентов шлакового раствора.

Тема 5.2. Модель регулярного шлакового раствора. Представление об ионном составе шлакового раствора. Определение активности компонента шлакового раствора.

**Раздел 6.** Взаимодействие металлического и шлакового расплавов.

Тема 6.1. Основы электрохимического взаимодействия компонентов металлического и шлакового расплавов. Окислительная способность шлакового раствора.

Тема 6.2. Термодинамика окисления углерода, удаление серы и фосфора из железоуглеродистого сплава.

**Раздел 7.** Штейновые расплавы.

Тема 7.1. Структура штейновых расплавов.

Тема 7.2. Диаграммы состояния сульфидных систем. Активность компонентов сульфидных расплавов.

Тема 7.3. Физико-химические свойства штейновых расплавов.

**Раздел 8.** Основы теории испарения и конденсации.

Тема 8.1. Термодинамика испарения простых веществ и растворов.

Тема 8.2. Механизм и кинетика процессов испарения и конденсации. Теоретические основы процесса перегонки металлов.

Тема 8.3. Ректификация металлов и их соединений.

**Раздел 9.** Теория электрометаллургических процессов.

Тема 9.1. Электродвижущие силы и электродные потенциалы. Электрокапиллярные явления, электрокапиллярная кривая, точка нулевого заряда. Возникновение скачка потенциала на границе электрод - электролит. Двойной электрический слой (ДЭС). Теории строения ДЭС. Потенциал плотной и размытой части ДЭС. Химические источники тока (ХИТ).

Тема 9.2. Электролиз. Сущность процесса. Катодный и анодный процессы, активные и пассивные электроды. Основные законы электролиза. Законы Фарадея и скорость электрохимических процессов. Напряжение разложения

Тема 9.3. Основы электрохимии расплавленных солей. Диффузия, электропроводность и перенос ионов в расплавленных солях. Диффузия в расплавленных солях. Закон Фика. Электропроводность индивидуальных солей. Электропроводность смеси солей. Перенос ионов в расплавленных индивидуальных солях и их смесях.

**Раздел 10.** Теория пирометаллургических процессов.

Тема 10.1. Строение и физико-химические свойства твердых тел.

Химическая связь в молекулах и кристаллах. Тип связи. Элементы зонной теории твердых тел. Дефекты структуры кристаллов. Связь дефектов структуры с физико-химическими свойствами тел. Диффузия в твердых телах. Механизм диффузии.

Тема 10.2. Фазовые равновесия в системах Me – X.

Правило фаз Гиббса. Основные принципы построения диаграмм состояния двухкомпонентных систем. Строение твердых оксидов и

сульфидов. Равновесное давление летучего компонента. Фазовые диаграммы систем Me – O. Система железо – кислород. Система медь – кислород. Система никель – кислород. Фазовые диаграммы систем Me – S. Система железо – сера. Система медь – сера.

Тема 10.3. Диссоциация химических соединений.

Термодинамика диссоциации соединений (карбонатов, оксидов, сульфидов). Термодинамика диссоциации соединений с дефектной структурой. Термодинамика процесса диссоциации с образованием конденсированных фаз постоянного состава. Упругость диссоциации. Механизм и кинетика диссоциации соединений. Топохимические реакции. Основные стадии процесса диссоциации. Кинетические кривые.

Тема 10.4. Окисление и сульфидирование металлов.

Закономерности окисления металлов, образующих рыхлую и плотную оксидную пленку. Стадии процесса. Режимы процесса. Механизм процесса. Ионно-электронная теория высокотемпературного окисления металлов. Теоретические основы окислительного рафинирования металлов.

## 5 Перечень тем лекций

№ раздела/ темы дисциплины	Темы лекций	Трудо- емкость, академ. час.
1	Физико-химические основы горения топлива.	2
2	Термическое разложение соединений и окисление металлов.	2
3	Физико-химические основы восстановительных процессов.	2
4	Термодинамика металлических расплавов.	4
5	Термодинамика шлаковых расплавов.	4
6	Взаимодействие металлического и шлакового расплавов.	4
7	Штейновые расплавы.	4
8	Основы теории испарения и конденсации.	4
9	Теория электрометаллургических процессов.	4
10	Теория пирометаллургических процессов.	4
<b>ИТОГО</b>		<b>34</b>

## 6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

№ раздела/ темы дисциплины	Темы практических занятий (семинаров)	Трудо- емкость, академ. час.
1	Расчет равновесных характеристик горения газов.	2
1	Расчет кинетических констант реакций с углеродом.	2
1	Расчет окислительно-восстановительного потенциала газовой фазы.	2
2	Расчет упругости диссоциации карбонатов. Расчет	2

	температур начала разложения и химического кипения.	
3	Расчет восстановления оксидов металлов.	2
4	Расчет активности углерода в растворе Fe – C.	2
4	Расчет коэффициента активности углерода по модели регулярного раствора.	2
5	Расчет активности компонентов шлакового раствора по модели совершенного ионного раствора.	2
6	Окислительная способность шлакового раствора.	2
9	Электродвижущие силы и электродные потенциалы.	16
10	Определение изменения энергии Гиббса реакций по методу Владимирова Л.П. (точный и приближенный методы расчета).	16
10	Определение изменения энергии Гиббса реакций по уравнению: $\Delta G_{\tau}^0 = \Delta G_{298}^0 \cdot \frac{\tau}{298} - \Delta H_{298}^0 \cdot \left( \frac{\tau}{298} - 1 \right).$	16
10	Расчет равновесного давления реакций.	16
<b>ИТОГО</b>		<b>34</b>

### 7 Перечень тем лабораторных работ

№ раздела/ темы дисциплины	Темы лабораторных работ	Трудо- емкость, академ. час.
10	Твердофазное взаимодействие между сульфидом и оксидом металла.	8
10	Кинетика диссоциации карбонатов.	8
<b>ИТОГО</b>		<b>16</b>

### 8 Перечень тем курсовых работ (проектов)

№ раздела дисциплины	Темы курсовых работ (проектов)	Трудо- емкость, академ. час.
<b>ИТОГО</b>		<b>0</b>

### 9 Виды самостоятельной работы

№ раздела/ темы дисциплины	Вид самостоятельной работы	Трудо- емкость, академ. час.
1-10	1 Изучение лекционного материала, составление конспекта лекций.	30
1-6, 9,10	2 Подготовка к практическому занятию, оформление отчета о практической работе.	30
10	3 Подготовка к лабораторной работе, оформление отчета по лабораторной работе.	20
1-10	4 Прохождение тестирования.	8
1-10	5 Подготовка к текущему контролю.	8

№ раздела/ темы дисциплины	Вид самостоятельной работы	Трудо- емкость, академ. час.
Контроль	Подготовка к экзамену.	36
<b>ИТОГО</b>		<b>132</b>

## **10 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины**

### **а) основная литература:**

1 Попель, С. И. Теория металлургических процессов: учеб. пособие / С. И. Попель, А. И. Сотников, В. Н. Бороненков. – Москва: Металлургия, 1986. – 462 с.

2 Линчевский, Б. В. Теория металлургических процессов: учеб. пособие / Б. В. Линчевский. – Москва: Металлургия, 1995. – 346 с.

3 Казачков, Е. А. Расчеты по теории металлургических процессов : учебное пособие для вузов. – Москва : Металлургия, 1988. – 288 с.

4 Основы гидрометаллургии : учебное пособие для вузов / И. Ю. Кольчурина, О. И. Нохрина, В. В. Руднева, В. М. Федотов ; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк, 2008. – 225 с.

### **б) дополнительная литература:**

1 Ванюков, А. В. Теория пирометаллургических процессов : учебник для вузов 2-е изд., доп. и перераб. – Москва : Металлургия, 1993. – 384 с.

2 Теория металлургических процессов : учебник для вузов / Д.И. Рыжонков [и др.]. – Москва : Металлургия, 1989. – 390 с.

3 Полях, О. А. Пирометаллургические процессы : конспект лекций / О. А. Полях, И. В. Ноздрин ; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2017. – URL: <http://library.sibsiu.ru>

### **в) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:**

1 Электронный каталог : сайт / Научно-техническая библиотека СибГИУ. – Новокузнецк, [199 – ]. – URL: <http://libr.sibsiu.ru>.

2 Электронная библиотека // Научно-техническая библиотека СибГИУ : сайт. – Новокузнецк, [200 – ]. – URL: <http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

3 Университетская библиотека ONLINE : электронно-библиотечная система / ООО «Директ-Медиа». – Москва, [200 – ]. – URL: <http://www.biblioclub.ru>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

4 ЛАНЬ : электронно-библиотечная система / ООО «ЭБС ЛАНЬ». – Санкт-Петербург, [200 – ]. – URL: <http://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

5 Консультант студента. Электронная библиотека технического ВУЗа : электронно-библиотечная система / ООО «Политехресурс». –



Москва, [200 – ]. – URL: <http://www.studentlibrary.ru>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

6 ЭБС ЮРАЙТ : электронно-библиотечная система / ООО «Электронное издательство Юрайт». – Москва, [200 – ]. – URL: <http://www.biblio-online.ru>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

7 Электронно-библиотечная система elibrary / ООО «РУНЭБ». – Москва, [200 – ]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа: по подписке.

8 Университетская информационная система РОССИЯ : электронная библиотека / НИВЦ МГУ им. М.В. Ломоносова. – Москва, [200 – ]. – URL: <http://uisrussia.msu.ru>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

**г) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:** ABBYY FineReader 11, Kaspersky Endpoint Security, AutoCAD 2013, «Программное обеспечение «Руконтекст», 7-Zip, Microsoft Office 2010, Microsoft Office 2007, ProjectLibre 1.6, Microsoft Windows 7.

**д) базы данных и информационно-справочные системы:**

1 Техэксперт : информационно-справочная система / ООО «Группа компаний «Кодекс». – Кемерово, [200 – ]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

2 КонсультантПлюс : справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». – Новокузнецк, [199 – ]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.

3 Система ГАРАНТ : электронный периодический справочник / ООО «Правовой центр «Гарант». – Кемерово, [200 – ]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

4 Электронный реферативный журнал (ЭлРЖ) : база данных / ВИНТИ РАН. – Москва, [200 – ]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.

## **11 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины**

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения, в том числе: учебную аудиторию для проведения занятий лекционного типа (лекций), оборудованную учебной доской, компьютерной техникой, экраном и мультимедийным проектором; учебную аудиторию для проведения занятий семинарского типа (практических занятий), оборудованную учебной доской, компьютерной техникой, экраном и мультимедийным проектором; учебную аудиторию для проведения занятий семинарского типа (лабораторных работ), оснащенную трубчатой электропечью; муфельной электропечью, газометрами градуированными, весовыми установками; учебную аудиторию для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помеще-

ния для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, научно-техническую библиотеку СибГИУ.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия».

Составители:

к.т.н., доцент

к.т.н., доцент

В.В. Васильев

О.А. Полях

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры МЦМиХТ, протокол № 328 от «18» марта 2019 г.

Зав. кафедрой МЦМиХТ

д.т.н., профессор

Г.В. Галевский

Старший методист

методического отдела

---

инициалы, фамилия

## Приложение А

**Аннотация  
рабочей программы дисциплины  
«Теория металлургических процессов»  
по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия»  
направленности (профили) подготовки:  
Металлургия**

**форма обучения – очная**

### **1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины**

Целью учебной дисциплины является: освоение обучающимися применения законов и понятий физической химии для анализа реакций металлургических процессов.

Задачами учебной дисциплины являются:

- обучение термодинамическому и молекулярно-кинетическому анализу реакций металлургических процессов.
- формирование у обучающихся навыков проведения термодинамического анализа металлургического процесса и своевременного реагирования на его ход.

### **2 Место учебной дисциплины в структуре ООП по направлению подготовки (специальности)**

Учебная дисциплина относится к учебным дисциплинам базовой части **Блока 1. Дисциплины (модули)** ООП по направлению подготовки (специальности) 22.03.01 «Металлургия».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

- «Введение в профессиональную деятельность»;
- «Неорганическая химия»;
- «Физическая химия».

Учебная дисциплина дополняет знания, умения и навыки, получаемые по одновременно изучаемым и последующим дисциплинам:

- «Организация научных исследований»;
- «Производство цветных металлов»;
- «Литейное и сварочное производство»;
- «Металлургия черных металлов»;
- «Обработка металлов давлением».

### **3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине**

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- **общепрофессиональные компетенции:**

Код и наименование ОПК	Планируемые результаты обучения
------------------------	---------------------------------

ОПК-4. Готовностью сочетать теорию и практику для решения инженерных задач.	Знать: взаимосвязь теоретических знаний и их приложений к инженерной практике; Уметь: применять изученные основы дисциплин к физико-химическим процессам; Владеть: готовностью сочетать теорию и практику для решения инженерных задач.
---	---

– **профессиональные компетенции:**

Код и наименование ПК	Планируемые результаты обучения
ПК-4. Готовностью использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы.	Знать: законы химической термодинамики; термодинамики растворов; молекулярно-кинетической теории; основные закономерности химических и физико-химических процессов; Уметь: применять методы дифференциального и интегрального исчисления; исследовать поведение термодинамических функций; прогнозировать и определять направления химических реакций; рассчитывать и анализировать химические и физико-химические процессы; Владеть: методами измерения тепловых эффектов химических реакций, равновесных и кинетических характеристик; методами анализа и навыками расчета металлургических процессов.

#### 4 Объем учебной дисциплины

Семестр / курс	ИТОГО	3 сем.	4 сем.
Форма промежуточной аттестации		экзамен	экзамен
Трудоёмкость	академ. час.	216	108
	зачетных единиц	6	3
Лекции, академ. час.	34	18	16
Лабораторные работы, академ. час.	16	0	16
Практические работы, академ. час.	34	18	16
Курсовая работа / проект, академ. час.	0	0	0
Консультации, академ. час.	0	0	0
Самостоятельная работа, академ. час.	96	54	42
Контроль, академ. час.	36	18	18

#### 5 Краткое содержание учебной дисциплины

В структуре учебной дисциплины выделяются следующие основные разделы (темы): Физико-химические основы горения топлива; Термическое разложение соединений и окисление металлов; Физико-химические основы восстановительных процессов; Термодинамика металлургических расплавов; Термодинамика шлаковых расплавов; Взаимодействие металлического и шлакового расплавов; Штейновые расплавы; Основы теории испарения и конденсации; Теория электрометаллургических процессов; Теория пирометаллургических процессов.

**6 Составители:** к.т.н., доцент В.В. Васильев, к.т.н., доцент О.А. Полях.