

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Забайкальский государственный университет»  
(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

Энергетический факультет  
Кафедра Химии

УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета

Энергетический факультет

Батухтин Андрей  
Геннадьевич

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_  
г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б1.О.18 Физико-химические основы металлургических процессов  
на 144 часа(ов), 4 зачетных(ые) единиц(ы)  
для направления подготовки (специальности) 18.03.02 - Энерго- и ресурсосберегающие  
процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

составлена в соответствии с ФГОС ВО, утвержденным приказом  
Министерства образования и науки Российской Федерации от  
«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г. №\_\_\_\_

Профиль – Ресурсосберегающие технологии в горно-металлургическом и нефтегазовом  
комплексе (для набора 2024)  
Форма обучения: Очная

# 1. Организационно-методический раздел

## 1.1 Цели и задачи дисциплины (модуля)

Цель изучения дисциплины:

изучение современных методов исследования структуры и физико-химических свойств металлических и оксидных расплавов; изучение процессов фазовых превращений в металлических системах.

Задачи изучения дисциплины:

обучить студентов анализу строения и свойств металлургических систем, термодинамических и кинетических закономерностей взаимодействия и равновесия фаз;

изучить оценку полноты и эффективности прохождения металлургических процессов и возможности использовать эти знания для разработки новых металлургических технологий;

освоить принципы оптимизации технологических процессов получения металлургических расплавов и материалов при металлургической переработке минерального сырья.

## 1.2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОП

Дисциплина Б1.0.18 "Физико-химические основы металлургических процессов" относится к дисциплинам обязательной части дисциплин ООП. Для качественного усвоения этой дисциплины студентам необходимы базовые знания по курсам Б1.О.20 "Физическая и коллоидная химия", Б1.О.13 "Общая и неорганическая химия", Б1.О.22 «Химическая технология». Дисциплина Б1.0.18 "Физико-химические основы металлургических процессов" дает знания, умения и навыки, необходимые для дисциплины Б1.В.ДВ.04.01 «Ресурсосберегающие технологии в аффинаже благородных металлов», практики Б2.О.05.(П) "Производственная практика (научно-исследовательская работа)". Дисциплина Б1.0.18 "Физико-химические основы металлургических процессов" изучается на 3 курсе в 5 семестре студентами очной формы обучения.

## 1.3. Объем дисциплины (модуля) с указанием трудоемкости всех видов учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы), 144 часов.

| Виды занятий                           | Семестр 5 | Всего часов |
|--|-----------|-------------|
| Общая трудоемкость                     |           | 144         |
| Аудиторные занятия, в т.ч.             | 68        | 68          |
| Лекционные (ЛК)                        | 34        | 34          |
| Практические (семинарские)<br>(ПЗ, СЗ) | 0         | 0           |
| Лабораторные (ЛР)                      | 34        | 34          |

|  |                          |    |
|--|--------------------------|----|
| Самостоятельная работа студентов (СРС)     | 76                       | 76 |
| Форма промежуточной аттестации в семестре  | Дифференцированный зачет | 0  |
| Курсовая работа (курсовой проект) (КР, КП) |                          |    |

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

| Планируемые результаты освоения образовательной программы |  | Планируемые результаты обучения по дисциплине   |
|---|--|---|
| Код и наименование компетенции                            | Индикаторы достижения компетенции, формируемые в рамках дисциплины   | Дескрипторы: знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности   |
| ОПК-2   | ОПК-2.3 Использует химические методы для решения задач профессиональной деятельности   | <p>Знать: химические методы, включая реакции горения, образования и диссоциации оксидов, сульфидов, карбонатов, применяемые для металлургических процессов.</p> <p>Уметь: выбирать исходное сырьё и способ производства конкретного металла и сплава.</p> <p>Владеть: навыками применения химических методов для производства конкретного металла и сплава.</p> |
| ПК-1  | ПК-1.2 Проводит конструкторскую проработку технических средств, направленных на создание энерго- и ресурсосберегающих технологий | <p>Знать: энерго- и ресурсосберегающие технологии производства металлов и сплавов и их влияние на получение качественного продукта.</p> <p>Уметь: предлагать методы и энерго- и ресурсосберегающие технологические процессы производства металлов и сплавов, чтобы получить качественный продукт.</p> <p>Владеть: методами и энерго- и</p>                      |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | ресурсосберегающими технологическими приемами, применяемыми в производстве металлов и сплавов для получения качественного продукта. |
|--|--|---|

### 3. Содержание дисциплины

#### 3.1. Разделы дисциплины и виды занятий

##### 3.1 Структура дисциплины для очной формы обучения

| Модуль | Номер раздела | Наименование раздела                                    | Темы раздела   | Всего часов | Аудиторные занятия |                    |        | С<br>Р<br>С |
|--------|---------------|---|--|-------------|--------------------|--------------------|--------|-------------|
|        |               |   |  |             | Л<br>К             | П<br>З<br>(С<br>З) | Л<br>Р |             |
| 1      | 1.1           | Термодинамика и равновесные процессы в металлургии      | Введение в дисциплину. Основные понятия и законы химической термодинамики. Растворы. Металлургические расплавы и их термодинамические характеристики. Поверхностные явления  | 38          | 8                  | 0                  | 10     | 20          |
| 2      | 2.1           | Типы реакций в металлургических процессах и их кинетика | Кинетика химических реакций. Физико-химические основы реакций горения. Термодинамика образования и диссоциации оксидов и карбонатов. Основы теории восстановления оксидов. Физико-химические и металлургические основы взаимодействия жидких металлов (сплавов) и шлаков. Взаимодействие жидких металлов с газами. | 40          | 10                 | 0                  | 10     | 20          |
| 3      | 3.1           | Оценка  | Методы оценки  | 34          | 8                  | 0                  | 8      | 18          |

|       |     |   |  |     |    |   |    |    |
|-------|-----|---|--|-----|----|---|----|----|
|       |     | физических свойств и физико-химия производства чугуна и стали | физических свойств металлических и шлаковых расплавов. Связь диаграммы состояния с физическими свойствами расплавов. Основы общей металлургии. Физико-химические процессы и металлургические основы производства чугуна. Физико-химические процессы и металлургические основы производства стали |     |    |   |    |    |
| 4     | 4.1 | Физико-химия и металлургия цветных и благородных металлов     | Физико-химия и металлургия производства тяжелых и легких цветных металлов. Физико-химия и металлургия производства благородных цветных металлов. Физико-химия и металлургия производства тугоплавких цветных металлов.   | 32  | 8  | 0 | 6  | 18 |
| Итого |     |   |  | 144 | 34 | 0 | 34 | 76 |

### 3.2. Содержание разделов дисциплины

#### 3.2.1. Лекционные занятия, содержание и объем в часах

| Модуль | Номер раздела | Тема                   | Содержание  | Трудоемкость (в часах) |
|--------|---------------|------------------------|---|------------------------|
| 1      | 1.1           | Введение в дисциплину. | Предмет и задачи курса. Исторический обзор развития теории металлургических процессов как науки. Роль русских, советских и иностранных ученых в развитии курса. Производство черных и цветных металлов. Технический прогресс в металлургии и литейном | 2                      |

|  |     |   |  |   |
|--|-----|---|--|---|
|  |     |   | производстве. Основные технологические процессы, применяемые при производстве металлов и сплавов.  |   |
|  | 1.1 | Строение вещества. Основные понятия и законы химической термодинамики и     | Строение вещества. Агрегатные состояния веществ. Основные понятия и определения химической термодинамики: система, состояние системы, термодинамические свойства, энергия, теплота, фаза, компонент. Первое начало (закон) термодинамики. Энтальпия. Теплоемкость. Основы термохимии. Закон Гесса. Второе начало термодинамики: основной смысл и значение. Энтропия. Обратимые и необратимые процессы. Пределы применения законов термодинамики. Энергия Гиббса. Энергия Гельмгольца. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Термодинамические потенциалы. Понятие о равновесном состоянии. Фазовые равновесия. Правило фаз. Химическое равновесие. Константа равновесия и ее зависимость от температуры. Химическое сродство. Третий закон термодинамики. Тепловая теорема Нернста | 2 |
|  | 1.1 | Растворы. Металлургические расплавы и их термодинамические характеристики и | Жидкие растворы (совершенные и разбавленные). Законы Рауля и Генри. Реальные и регулярные растворы. Законы Коновалова и Вревского. Строение и термодинамические характеристики металлических расплавов. Основные функции и свойства оксидных расплавов. Понятие термодинамической активности. Параметры взаимодействия. Методы определения активности, расчет коэффициентов активности компонентов в металлургических расплавах.   | 2 |
|  | 1.1 | Поверхностные явления   | Поверхностные явления в металлургии. Поверхностная энергия. Капиллярные явления. Особенности   | 2 |

|   |     |   |  |   |
|---|-----|---|--|---|
|   |     |   | адсорбции газов на поверхности пористых тел. Поверхностное и межфазное натяжения жидких металлов и шлаков. Поверхностные свойства сложных металлургических расплавов. Влияние состава и температуры.   |   |
| 2 | 2.1 | Кинетика химических реакций. Физико-химические основы реакций горения | Факторы, влияющие на скорость химических реакций. Порядок химических реакций. Расчет констант скоростей реакций и энергии активации. Окислительно-восстановительные свойства газовой фазы. Горение водорода, оксида углерода, водяного газа, метана. Кислородный потенциал. Ионизация и диссоциация газов. Гомогенные и гетерогенные реакции горения. Влияние различных факторов на характер процессов. Горение твердого углерода (газификация). Цепной механизм горения, тепловое воспламенение | 2 |
|   | 2.1 | Термодинамика образования и диссоциации оксидов и карбонатов          | Образование и диссоциация карбонатов и оксидов. Термодинамические и кинетические особенности реакций. Процессы окисления твердых металлов. Общая характеристика и термодинамические особенности реакций восстановления оксидов металлов  | 2 |
|   | 2.1 | Основы теории восстановления оксидов                                  | Основы теории восстановления оксидов. Общая характеристика окислительно-восстановительных реакций. Восстановление газами. Условия восстановления. Восстановление твердым углеродом. Восстановление с участием растворов. Учет растворимости фаз в системе железо-кислород. Науглераживание железа. Металлотермия.  | 2 |
|   | 2.1 | Физико-химические и металлургические основы вз                        | Окисление жидких металлов шлаком. Строение и свойства шлаковых расплавов. Строение и свойства ионных шлаков. Фазовые диаграммы   | 2 |

|   |     |  |  |   |
|---|-----|--|--|---|
|   |     | <p>взаимодействия жидких металлов (сплавов) и шлаков</p>                   | <p>бинарных и трехкомпонентных систем. Влияние легирующих элементов на растворимость и коэффициенты активности азота, кислорода, водорода и серы. Раскисление жидкого металла: раскисляющая способность; раскислители – Si, C, Mn, Al; комплексное раскисление, методы раскисления. Легирование. Процессы рафинирования от серы и фосфора. Образование неметаллических включений. Использование экспериментальных данных для расчета активности компонентов. Молекулярные и ионные представления о строении шлака. Модели шлака.</p> |   |
|   | 2.1 | <p>Взаимодействие жидких металлов с газами.</p>                            | <p>Основы взаимодействия металлов с водородом, кислородом, азотом. Влияние легирующих элементов на растворимость и коэффициенты активности азота, кислорода, водорода и серы. Раскисление жидкого металла: раскисляющая способность; раскислители – Si, C, Mn, Al; комплексное раскисление, методы раскисления. Легирование. Процессы рафинирования от серы и фосфора</p>  | 2 |
| 3 | 3.1 | <p>Методы оценки физических свойств металлических и шлаковых расплавов</p> | <p>Методы оценки физических свойств металлических и шлаковых расплавов. Определение плотности расплава методом гамма-проникающих излучений. Определение вязкости методом лежащей капли и гамма-методом. Определение электросопротивления методом вращающегося магнитного поля. Определение растворимости компонентов в твердой и жидкой фазах (газоанализаторы, метод рентгеноспектрального исследования).</p>   | 2 |
|   | 3.1 | <p>Связь диаграммы состояния с</p>   | <p>Связь диаграммы состояния с физическими свойствами расплавов для двойных сплавов по Курнакову</p>   | 2 |

|   |     | физическими свойствами расплавов   | С.Н.  |   |
|---|-----|--|---|---|
|   | 3.1 | Основы общей металлургии. Физико-химические процессы и металлургические основы производства чугуна | Материалы для металлургического производства: руды, флюс, топливо, огнеупоры. Подготовка материалов к плавке. Основная продукция черной металлургии. Физико-химические и металлургические основы производства чугуна. Сырьевые материалы, применяемые для производства чугуна. Обогащение руд. Физико-химические процессы, протекающие в доменной печи: горение углерода топлива, разложение компонентов шихты, восстановление окислов железа, марганца и кремния. Науглероживание железа, шлакообразование. Продукты доменной плавки | 2 |
|   | 3.1 | Физико-химические процессы и металлургические основы производства стали                            | Исходные материалы для производства стали. Физико-химические основы производства стали. Сущность металлургического передела чугуна в сталь. Производство стали в конверторах (устройство конвертера, технология плавки, реакции основных процессов), производство стали в мартеновских печах (разновидности процесса, основные элементы печи, особенности технологии, физико-химия процессов); получение стали в электропечах (устройство печи, окислительный и восстановительный периоды плавки).                                    | 2 |
| 4 | 4.1 | Физико-химия и металлургия производства тяжелых цветных металлов                                   | Производство меди. Медные руды и пути их переработки. Обогащение руд флотацией. Получение медных штейнов и переработка. Рафинирование меди: огневое и электролитическое. Классификация меди по чистоте. Основные медные сплавы: латунь, бронзы, Область применения. Производство никеля. Сырьё для получения никеля.  | 2 |

|  |     |   |  |   |
|--|-----|---|--|---|
|  |     |   | Переработка медно-никелевых руд, выплавка никелевого штейна, физико-химические процессы при конверторном переделе штейна, обжиг файнштейна, восстановление закиси никеля. Электролитическое рафинирование никеля. Марки никеля   |   |
|  | 4.1 | Физико-химия и металлургия производства легких цветных металлов       | Производство алюминия. Руды алюминия. Производство глинозёма: кислотные и щелочные способы. Основные реакции процесса, электролитическое получение алюминия. Устройство электролизера. Рафинирование алюминия. Сплавы алюминия, марки и назначение. Производство магния. Исходные материалы. Обогащение карналита. Электролитическое получение магния, рафинирование. Технический магний и его сплавы  | 2 |
|  | 4.1 | Физико-химия и металлургия производства благородных цветных металлов. | Производство золота. Минералы золота. Методы извлечения золота из руд. Амальгамация. Физико-химические основы цианирования. Осаждение цинком. Аффинаж. Основные свойства и применение. Производство серебра. Минералы серебра. Общие принципы извлечения из рудного сырья. Основные способы производства серебра, физикохимия процессов. Аффинаж серебра. Применение, основные свойства. Производство платины. Минералы платины и некоторых платиноидов. Получение платиновых металлов из россыпей. Физико-химические основы поведения платиновых металлов при переработке сульфидного сырья. Аффинаж платины. Промышленное применение | 2 |
|  | 4.1 | Физико-химия и металлургия производства тугоплавких цветных           | Производство титана. Сырьё для производства титана. Переработка ильменитового концентрата. Восстановление тетрахлорида титана магнием. Плавка титановой трубки.  | 2 |

|  |  |           |  |  |
|--|--|-----------|--|--|
|  |  | металлов. | Получение титана высокой чистоты.<br>Технический титан и его сплавы.<br>Производство молибдена и вольфрама. Сырьевые материалы.<br>Физико-химические процессы, протекающие при производстве материалов. Свойства, области применения |  |
|--|--|-----------|--|--|

### 3.2.2. Практические занятия, содержание и объем в часах

| Модуль | Номер раздела | Тема | Содержание | Трудоемкость (в часах) |
|--------|---------------|------|------------|------------------------|
|        |               |      |            |                        |

### 3.2.3. Лабораторные занятия, содержание и объем в часах

| Модуль | Номер раздела | Тема   | Содержание  | Трудоемкость (в часах) |
|--------|---------------|--|---|------------------------|
| 1      | 1.1           | Изучение сырых материалов и способов их подготовки к доменной плавке                 | Изучение коллекции сырых материалов полезных ископаемых и способов их подготовки к доменной плавке.   | 2                      |
|        | 1.1           | Определение константы равновесия и расчет основных термодинамических величин реакции | Расчет константы равновесия химической реакции на примере разложения карбоната кальция.   | 2                      |
|        | 1.1           | Восстановление оксидов железа и шлакование пустой породы в доменной печи             | Определение с помощью термического анализа температуры начала восстановления оксидов железа углеродом и изучение особенностей процессов шлакования оксидов железа пустой породой. | 2                      |
|        | 1.1           | Равновесие реакции   | Расчет константы равновесия химической реакции  | 2                      |

|   |     |  |   |   |
|---|-----|--|---|---|
|   |     | газификации<br>углерода  |   |   |
|   | 1.1 | Определение<br>поверхностног<br>о натяжения и<br>плотности<br>расплавов<br>методом<br>лежащей<br>капли | Определить плотность расплава,<br>предварительно рассчитав объем по<br>методу Башфорта и Адамса обмера<br>капли. Найти значение<br>поверхностного натяжения по методу<br>Дорсея.                        | 2 |
| 2 | 2.1 | Кинетика выс<br>окотемперату<br>рного<br>окисления<br>металлов   | Определение кинетического порядка<br>и константы скорости химической<br>реакции   | 2 |
|   | 2.1 | Металлотерми<br>ческое<br>восстановлени<br>е   | Ознакомление с методами<br>металлотермического восстановления<br>и условиями протекания<br>алюминотермических процессов   | 2 |
|   | 2.1 | Углелермичес<br>кое<br>восстановлени<br>е  | Ознакомление с методами<br>углелермического восстановления и<br>условиями протекания физико-<br>химических процессов<br>восстановления  | 2 |
|   | 2.1 | Диссоциация<br>и обжиг<br>сульфидов  | Изучение реакции взаимодействия<br>сульфида металла с водородом и<br>экспериментальное определение<br>температурных границ области<br>сульфатирующего и окислительного<br>обжига.                       | 2 |
|   | 2.1 | Методы<br>оценки<br>физических<br>свойств<br>металлически<br>х и шлаковых<br>расплавов                 | Десульфурация металла шлаком  | 2 |
| 3 | 3.1 | Растворимост<br>ь водорода в<br>жидкой стали   | Освоить методики расчета<br>растворимости водорода в<br>легированных расплавах на основе<br>железа при 1450-1700°C в<br>зависимости от концентрации<br>легирующих элементов, входящих в<br>состав стали | 2 |

|   |     |  |   |   |
|---|-----|--|---|---|
|   | 3.1 | Зависимость вязкости оксидного расплава от состава и температуры     | Измерение вязкости как физического свойства расплава и математическое описание ее зависимости от температуры  | 2 |
|   | 3.1 | Расчет шихты для выплавки передельного чугуна                        | Изучение упрощенного метода расчета шихты для доменной плавки.  | 2 |
|   | 3.1 | Изучение процесса кристаллизации слитков на прозрачной модели        | Изучение процесса кристаллизации слитков на прозрачной модели и определение скорости затвердевания слитка в зависимости от температуры расплава                           | 2 |
| 4 | 4.1 | Исследование электросопротивления расплава                           | Получение теоретических сведений об электросопротивлении металлического расплава. Изучение методики измерения электросопротивления.                                       | 2 |
|   | 4.1 | Исследование плотности расплавов методом гамма-проникающих излучений | Получение теоретических сведений о плотности расплава, взаимосвязи строения жидкой фазы с плотностью и другими физическими свойствами, а также характером кристаллизации. | 2 |
|   | 4.1 | Получение металлов высокой степени чистоты                           | Овладение методом получения сплавов высокой степени чистоты путем возгонки с последующей перекристаллизацией.   | 2 |

### 3.3. Содержание материалов, выносимых на самостоятельное изучение

| Модуль | Номер раздела | Содержание материалов, выносимого на самостоятельное изучение                | Виды самостоятельной деятельности  | Трудоемкость (в часах) |
|--------|---------------|--|--|------------------------|
| 1      | 1.1           | Роль физико-химических основ металлургических процессов для их оптимизации и | Работа с электронными образовательными ресурсами. Подготовка к собеседованию | 20                     |

|   |     |   |   |    |
|---|-----|---|---|----|
|   |     | <p>разработки безотходных экологически чистых технологий, расширения вторичных сырьевых ресурсов. Методы физико-химического анализа процессов: термодинамический, кинетический, экспериментальный. Термодинамический анализ реакций горения газообразного и твердого топлива.</p>   | <p>Подготовка электронных презентаций Написание отчета по лабораторным работам</p>  |    |
| 2 | 2.1 | <p>Особенности механизма и кинетики реакций гомогенного горения. Воспламенение газовых смесей. Особенности механизма и кинетики реакций гетерогенного горения топлива. Воспламенение твердого топлива. Общие закономерности диссоциации соединений. Упругость диссоциации как мера термической прочности соединений. Влияние факторов на упругость диссоциации. Температура начала разложения и химического кипения. Термодинамические особенности диссоциации и окисления металлов. Особенности окисления железа. Механизм окисления железа. Общие термодинамические условия восстановления оксидов металлов. Восстановление оксидов железа водородом и оксидом углерода. Термодинамика окислите</p> | <p>Выполнение исследовательских заданий в индивидуальных и групповых формах. Составление конспекта; подготовка сообщений и докладов. Написание отчета по лабораторным работам</p> | 20 |

|   |     |   |  |    |
|---|-----|---|--|----|
|   |     | льно-восстановительных реакций в расплавах.   |  |    |
| 3 | 3.1 | <p>Особенности кинетики и механизма термической диссоциации соединений. Термографический метод изучения термического разложения соединений. Особенности механизма и кинетики восстановления оксидов металлов газами. Особенности механизма и кинетики восстановления твердым восстановителем</p> <p>Строение и свойства шлаковых расплавов. Metallургические шлаки. Функции шлаков. Состав и компоненты шлака. Доменные шлаки. Молекулярная и ионная теория строения шлаков. Микронеоднородность жидких шлаков. Физические и технологические свойства шлаков (основность, температура плавления, вязкость, окислительно-восстановительная способность).</p> <p>Обезуглероживание стали. Зарождение газовых пузырьков.</p> | Работа с электронными образовательными ресурсами. Обработка и анализ полученных данных, Написание отчета по лабораторным работам                                       | 18 |
| 4 | 4.1 | <p>Совершенствование металлургических технологий. вклад российских ученых в развитие теории металлургических процессов. тенденции прогрессивного развития металлургии на современном этапе. Физико-химические</p>   | <p>Работа с электронными образовательными ресурсами. Подготовка к собеседованию</p> <p>Подготовка электронных презентаций Написание отчета по лабораторным работам</p> | 18 |

#### **4. Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Фонд оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины представлен в приложении.

[Фонд оценочных средств](#)

#### **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

##### **5.1. Основная литература**

###### **5.1.1. Печатные издания**

1. Морачевский А. Г. Термодинамические расчеты в химии и металлургии / Морачевский А. Г., Сладков И. Б., Фирсова Е. Г. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 208 с. - <https://e.lanbook.com/book/212780>

2. Яковлева А. А. Физическая химия для металлургов : учебное пособие / Яковлева А. А., Соболева В. Г., Филатова Е. Г. - Иркутск : ИРННТУ, 2019. - 132 с. - <https://e.lanbook.com/book/217085>

###### **5.1.2. Издания из ЭБС**

1. Рогова Л. И. Основы теории электрометаллургических процессов : учебное пособие. Ч. 1. Равновесные и неравновесные электродные процессы / Рогова Л. И., Каверзин А. В. - Норильск : ЗГУ им. Н.М. Федоровского, 2022. - 112 с. - <https://e.lanbook.com/book/332885>

2. Рогова Л. И. Основы теории электрометаллургических процессов : учебное пособие. Ч. 2. Кинетика электрохимических процессов / Рогова Л. И., Каверзин А. В. - Норильск : ЗГУ им. Н.М. Федоровского, 2022. - 105 с. - <https://e.lanbook.com/book/332888>

3. Белоусова Н. В. Теория металлургических процессов = Theory of Non-Ferrous Extractive Metallurgy : учебное пособие / Белоусова Н. В., Ясинский А. С. - Красноярск : СФУ, 2019. - 216 с. - <https://e.lanbook.com/book/157534>

##### **5.2. Дополнительная литература**

###### **5.2.1. Печатные издания**

1. Лисиенко Владимир Георгиевич. Теплофизика металлургических процессов : учебное пособие для вузов / В. Г. Лисиенко, В. И. Лобанов, Б. И. Китаев. - Москва : Юрайт, 2023. - 220 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/518288>

2. Яковлева А. А. Физическая химия для металлургов : учебное пособие / Яковлева А. А., Соболева В. Г., Филатова Е. Г. - Иркутск : ИРННТУ, 2019. - 132 с. - <https://e.lanbook.com/book/217085>

###### **5.2.2. Издания из ЭБС**

1. Тинькова С. М. Теплофизика и металлургическая теплотехника : учеб. пособие / Тинькова С. М. - Красноярск : СФУ, 2017. - 168 с. - <https://e.lanbook.com/book/117789>
2. Цаплин А. И. Моделирование теплофизических процессов и объектов в металлургии : учебное пособие / Цаплин А. И., Никулин И. Л. - Пермь : ПНИПУ, 2011. - 299 с. - Утверждено Редакционно-издательским советом университета в качестве учебного пособия. - <https://e.lanbook.com/book/160730>
3. Цаплин А. И. Теплофизика в металлургии : учебное пособие / Цаплин А. И. - Пермь : ПНИПУ, 2008. - 230 с. - Утверждено Редакционно-издательским советом университета в качестве учебного пособия. - <https://e.lanbook.com/book/160732>

### 5.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

| Название   | Ссылка  |
|--|---|
| Образовательные ресурсы «Единое окно»  | <a href="http://window.edu.ru/catalog/">http://window.edu.ru/catalog/</a>   |
| Металлургия в интернет   | <a href="https://www.metalweb.ru/">https://www.metalweb.ru/</a>   |
| Специализированный журнал «Металлоснабжение и сбыт»                            | <a href="https://www.metalinfo.ru/ru">https://www.metalinfo.ru/ru</a>   |
| Новости рынка черных, цветных и драгоценных металлов                           | <a href="https://www.metaltorg.ru/news/">https://www.metaltorg.ru/news/</a>   |
| Новости по металлургии   | <a href="http://metallurgu.ru/">http://metallurgu.ru/</a>   |
| Металлургические заводы России   | <a href="https://russiametall.ru/factory">https://russiametall.ru/factory</a>   |
| Металлургический портал MetalSpace.ru: информационное пространство металлургов | <a href="https://metalspace.ru/">https://metalspace.ru/</a>   |
| Металлургические процессы: сравнение различных видов обработки                 | <a href="https://www.a1-met.com/blog/metallurgicheskiye-protsessy/">https://www.a1-met.com/blog/metallurgicheskiye-protsessy/</a>         |
| Черная и цветная металлургия на Metallurgist.pro                               | <a href="https://metallurgist.pro/">https://metallurgist.pro/</a>   |
| Черная и цветная металлургия на metallolome.ru                                 | <a href="https://metallolome.ru/osnovnyy-metallurgicheskiy-protsessov/">https://metallolome.ru/osnovnyy-metallurgicheskiy-protsessov/</a> |

### 6. Перечень программного обеспечения

Программное обеспечение общего назначения: ОС Microsoft Windows, Microsoft Office, АБВУ FineReader, ESET NOD32 Smart Security Business Edition, Foxit Reader, АИБС "МегаПро".

Программное обеспечение специального назначения:

- 1) 1С-Битрикс: Корпоративный портал - Компания 1С: Предприятие 8. Комплект для обучения в высших и средних учебных заведениях 7-Zip АБВУ FineReader Adobe Audition Adobe Flash Adobe In Design Adobe Lightroom Adobe Photoshop

2) Corel Draw

3) Kaspersky Endpoint Security

4) Mathematica Standart Version Education

### 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

|  |  |
|--|--|
| Наименование помещений для проведения учебных занятий и для самостоятельной работы обучающихся | Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы  |
| Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа                                      | Состав оборудования и технических средств обучения указан в паспорте аудитории, закреплённой расписанием по факультету |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий  |  |
| Учебные аудитории для промежуточной аттестации   |  |
| Учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций                       | Состав оборудования и технических средств обучения указан в паспорте аудитории, закреплённой расписанием по кафедре    |
| Учебные аудитории для текущей аттестации   |  |

### 8. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Лекция-визуализация проводится с использованием мультимедийного оборудования и сопровождается показом лекционных демонстраций (видеосюжетов), презентацией информации. В лекции-диалоге содержание подается через серию вопросов, на которые студенты должны отвечать непосредственно в ходе занятия.

Практические занятия по дисциплине «Физико-химические основы металлургических процессов» и отработка исследовательских и технологических навыков проводятся в учебной аудитории с интерактивным комплексом. Подготовка к практическим занятиям предполагает самостоятельное прочтение лекционного материала, работу с электронными ресурсами, а также повторение тем ранее изученных дисциплин «Общая и неорганическая химия», «Физическая и коллоидная химия».

Разработчик/группа разработчиков:

**Типовая программа утверждена**

Согласована с выпускающей кафедрой  
Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г.