

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

---

**Руководитель ОПОП ВО**  
Доцент В.Н. Бричкин

---

**Проректор по образовательной**  
**деятельности**  
Д.Г. Петраков

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

***МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМ***

<b>Уровень высшего образования:</b>	Бакалавриат
<b>Направление подготовки:</b>	22.03.02 Metallургия
<b>Направленность (профиль):</b>	Metallургия цветных металлов
<b>Квалификация выпускника:</b>	бакалавр
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Составитель:</b>	доцент Сизякова Е.В.

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Методы исследования физико-химических систем»**  
разработана:

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки  
«22.03.02 Metallургия», утвержденного приказом Минобрнауки России № 702 от 02.07.2020 г.;

- на основании учебного плана по направлению подготовки «22.03.02 «Metallургия»  
направленность (профиль) «Metallургия цветных металлов».

Составитель \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент Е.В. Сизякова

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена** на заседании кафедры металлургии от  
27.01.2022 г., протокол № 12.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ д.т.н., профессор В.Н. Бричкин

**Рабочая программа согласована:**

Начальник управления учебно-  
методического обеспечения \_\_\_\_\_ к.т.н. Иванова П.В.  
образовательного процесса

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цель дисциплины:

- дать студентам основы знаний в области закономерностей равновесного и неравновесного состояния металлургических систем, подготовка выпускников к решению профессиональных задач, связанных с научно-исследовательскими и проектными основами процессов получения цветных металлов.

### Основные задачи дисциплины:

изучение процессов в зависимости от технологических условий, химического и фазового состава систем, с использованием известных методов исследований и обработки данных; овладение новыми знаниями и умениями, необходимыми для приобретения компетенций при изучении профессионального цикла дисциплин и итоговой государственной аттестации; формирование: культуры и навыков научного исследования, направленных на решение профессиональных задач в соответствии с потребностями профессиональной деятельности при проведении научных исследований и в смежных областях.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Методы исследования физико-химических систем» относится к обязательной части основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки «22.03.02 Металлургия» и изучается в 4 семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Методы исследования физико-химических систем» являются «Химия», «Тепломассообмен», «Физическая химия», «Введение в специальность».

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Методы исследования физико-химических систем» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен решать научно-исследовательские задачи при осуществлении профессиональной деятельности с применением современных информационных технологий и прикладных аппаратно-программных средств	ОПК-5	ОПК-5.1. <b>Владеет</b> навыками сбора данных, изучения, анализа и обобщения научно-технической информации по тематике исследования ОПК-5.2. <b>Решает</b> стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры ОПК-5.3. <b>Использует</b> технические и программные средства реализации информационных технологий; глобальные и локальные компьютерные сети

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен осуществлять аналитические исследования исходного сырья, промежуточных и конечных продуктов металлургического производства	ПКС-8	ПКС-8.1. Знает методики проведения химического и фазового анализа исходного сырья, промежуточных и конечных продуктов металлургического производства, осуществляет метрологическую оценку результатов количественного анализа ПКС-8.2. Умеет анализировать нормативную документацию на исследуемые объекты, методики химических анализов, технические и технологические инструкции в металлургическом производстве и их актуальность

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

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

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		4
<b>Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>72</b>	<b>72</b>
Лекции (Л)	18	18
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	36	36
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:</b>	<b>72</b>	<b>72</b>
Подготовка к лекциям	4	4
Подготовка к лабораторным работам	8	8
Подготовка к практическим занятиям / семинарам	10	10
Выполнение курсовой работы (проекта)	20	20
Подготовка к дифф. зачету	30	30
<b>Промежуточная аттестация – дифф. зачет (ДЗ)</b>	<b>ДЗ</b>	<b>ДЗ</b>
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>		
	<b>ак. час.</b>	<b>144</b>
	<b>зач. ед.</b>	<b>4</b>

##### 4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия, лабораторные работы и самостоятельная работа.

##### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента
Раздел 1 «Цели, задачи, организация и порядок проведения научных исследований металлургических систем»	14	2			12
Раздел 2 «Методы проведения научного исследования и их роль в изучении равновесий в металлургических систем»	40	3	4	18	15
Раздел 3 «Термодинамический и кинетический анализ металлургических систем»	27	5	4		18
Раздел 4 «Организация экспериментального исследования физикохимической системы»	19	2		8	9
Раздел 5 «Математические методы планирования и проведения экспериментального исследования и моделирование металлургических систем на их основе»	32	4	6	10	12
Раздел 6 «Представление и использование результатов исследования»	12	2	4		6
<b>Итого:</b>	<b>144</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>72</b>

#### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Цели, задачи, организация и порядок проведения научных исследований металлургических систем	Основные понятия научного исследования. Цели, задачи и результаты научного исследования. Понятие физико-химической системы в приложении к металлургии. Признаки научного исследования и их использование в системе аттестации профессиональной деятельности. Взаимосвязь курса с естественнонаучными и профессиональными дисциплинами. ГОСТы и другие нормативные документы, определяющие порядок выполнения, оформления и представления результатов исследований. Роль патентного, метрологического и научно-технического анализа при исследовании технически значимых физикохимических систем.	2
2	Методы проведения научного исследования и их роль в изучении	Сравнение и измерение. Индукция и дедукция. Анализ и синтез. Научные гипотезы. Абстракция и обобщение. Моделирование.	3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
	равновесий в металлургических систем	<p>Применение методов научного исследования при изучении свойств и закономерностей поведения металлургических систем.</p> <p>Алгоритм научного исследования физикохимических систем.</p> <p>Термодинамический анализ равновесий в гомогенных и гетерогенных системах.</p> <p>Проведение физико-химического анализа металлургических систем с использованием диаграмм состояния состав-свойство.</p> <p>Особенности расчета равновесий в многокомпонентных и многофазных системах.</p>	
3	Термодинамический и кинетический анализ металлургических систем	<p>Расчёт термодинамической вероятности протекания металлургического процесса в пирометаллургических системах, гидрометаллургических и электрометаллургических системах. Оценка нахождения системы в термодинамически предпочтительном неравновесном состоянии.</p> <p>Метастабильные металлургические системы.</p> <p>Кинетический анализ простых и сложных химических взаимодействий в характерных металлургических системах. Обобщённое описание потока взаимодействия в многофазных гетерогенных системах и его анализ.</p>	5
4	Организация экспериментального исследования физико-химической системы	<p>Цель и задачи экспериментального исследования. Место экспериментального исследования в работе по получению новых научных результатов. Доступные для экспериментального исследования показатели физико-химической системы. Методы определения и экспертная оценка значимости переменных факторов. Варьирование переменных факторов. Планирование экспериментального исследования. Методы планирования.</p>	2
5	Математические методы планирования и проведения экспериментального исследования и моделирование металлургических систем на их основе	<p>Полный факторный эксперимент. Матрица планирования. Расчёт коэффициентов уравнения линейной регрессии. Определение дисперсии функции и значимости коэффициентов линейного приближения.</p> <p>Оценка адекватности уравнения регрессии.</p> <p>Дробный факторный эксперимент, его планирование, выполнение и построение статистической модели на его основе.</p> <p>Экспериментальные методы исследования химического и фазового состава металлургической системы, а также её ведущих физических и физико-химических</p>	4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		характеристик. Математическое и физическое моделирование металлургических систем. Построение моделей на основе методов математической статистики и фундаментальных физико-химических закономерностей.	
6	Представление и использование результатов исследования	Интерпретация результатов исследования металлургических систем. Формы представления результатов теоретических и экспериментальных исследований для ознакомления с ними научного сообщества. Основные пути и методы использования научных результатов.	2
<b>Итого:</b>			<b>18</b>

#### 4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Разделы	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 2	Расчет равновесного состава в системе С-Н-О.	4
2	Раздел 3	Термодинамические закономерности процесса диссоциации. Кинетический анализ реакций диссоциации. кинетические закономерности окисления металлов.	4
3	Раздел 5	Построение статистической модели металлургической системы и проверка её значимости.	6
4	Раздел 6	Анализ и обсуждение результатов исследования физико-химических систем. Использование результатов для подготовки презентации и документации в виде научно-технического отчёта, реферата, аннотации, доклада, статьи, заявки на изобретение.	4
<b>Итого:</b>			<b>18</b>

#### 4.2.4. Лабораторные работы

№ п/п	Разделы	Тематика лабораторных работ	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 2	Термические метод исследования	18
		Определение теплотворности топлива	
		Гранулометрический анализ	
		Исследование удельной поверхности твердых сыпучих материалов	
		Определение влажности различных дисперсных материалов	
		Определение коэффициента внутреннего трения жидкостей	
		Электронная микроскопия	
		Инфракрасная спектроскопия	
2	Раздел 3	Исследование электрохимического выделения металлов	8
		Изучение кинетики анодных процессов методом поляризационных кривых	
3	Раздел 4,	Определение лимитирующей стадии в работе короткозамкнутого гальванического элемента.	10
		Экспериментальное исследование и математическое описание	

Раздел 5	показателей многофакторного физико-химического процесса.	
<b>Итого:</b>		<b>36</b>

#### 4.2.5. Курсовые работы (проекты)

№ п/п	Темы курсовых работ / проектов
1	Определение тепловых свойств физико-химической системы (плавкость и растворимость, теплота образования, теплоемкость, теплопроводность, термодинамический потенциал).
2	Определение электрических свойств физико-химической системы (электрическое сопротивление и его температурный коэффициент, ЭДС, термоЭДС, диэлектрическая постоянная).
3	Определение оптических свойств физико-химической системы (показатель преломления, вращение плоскости поляризации, двойное лучепреломление, спектры поглощения).
4	Определение объемных свойств физико-химической системы (удельная масса и удельный объем, объемное сжатие, коэффициент теплового расширения).
5	Определение свойств физико-химической системы, основанных на межмолекулярном взаимодействии (вязкость, твердость, давление истечения, модули упругих деформаций, время релаксации, поверхностное натяжение).
6	Давление газов физико-химической системы (изотермы упругости газов и паров, изобары кипения). Магнитные свойства физико-химической системы (магнитная проницаемость и восприимчивость, магнитное вращение плоскости поляризации).
7	Расчет фазовых равновесий в системах Me-S-O при вариантных температурах и составах газовой фазы.
8	Кинетический анализ гидрometаллургических процессов
9	Кинетический анализ пирометаллургических процессов

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

**Лекции**, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Практические занятия.** Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Лабораторные работы.** Цели лабораторных занятий:

-углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы обучающихся с учебной и научной литературой;

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Консультации** (текущая консультация, накануне дифф. зачета) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного



приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

**Курсовая работа** позволяет обучающимся развить навыки научного поиска.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости**

#### **Раздел 1 «Цели, задачи, организация и порядок проведения научных исследований металлургических систем»**

1. Что такое физико-химическая система?
2. Какое значение для металлургии имеет исследование физико-химических систем?
3. Какие документы регламентируют порядок и содержание научно-исследовательских работ по изучению технически значимых физико-химических систем?
4. Какова последовательность выполняемых научных исследований?
5. Какие задачи, относящиеся к современной металлургии, могут быть решены с помощью исследования физико-химических систем?

#### **Раздел 2 «Методы проведения научного исследования и их роль в изучении равновесий в металлургических системах»**

1. Объектом исследования является?
2. Метод исследования – это?
3. Что такое методика научных исследований?
4. Какие основные этапы включает экспериментальное исследование?
5. Что включается в содержание и разработку методики экспериментального исследования?
6. Какова наиболее общая закономерность, устанавливающая зависимость свойств объекта исследования от параметров состояния физико-химической или технологической системы
7. Чем объясняется возможность перехода физико-химической системы в метастабильное состояние?
8. Какие основные задачи решает дисперсионный анализ результатов?
9. Что такое механизм процесса протекающего в физико-химической системе?
10. Какие уравнения позволяют рассчитать равновесие в многокомпонентной системе?
11. Постройте Алгоритм научного исследования физикохимических систем
12. Что такое термодинамический анализ системы
13. Основные условия термодинамического равновесия в гомогенных и гетерогенных системах
14. Что показывает диаграмма состояний состав-свойство
15. Каковы особенности расчета равновесий в многокомпонентной системе.

#### **Раздел 3 Термодинамический и кинетический анализ металлургических систем**

1. В каких случаях необходимо вводить и использовать понятие активности компонента?
2. Чему равна энтропия фазового превращения?
3. В каких случаях термодинамического анализа физико-химических систем необходимо учитывать зависимость теплоёмкости компонентов от температуры?
4. Что такое число степеней свободы физико-химической системы и как оно определяется?
5. Чем лимитируется скорость процесса выщелачивания
6. Почему исследователи стремятся перевести физико-химический процесс в область кинетики ограниченной скоростью химического взаимодействия?

#### **Раздел 4 «Организация экспериментального исследования физико-химической системы»**

1. Сформулируйте основные цели экспериментальных исследований

2. Назовите основные показатели физико-химической системы Доступные для экспериментального исследования
3. Назовите методы определения основных показателей физико-химической системы
4. в чем заключается экспертная оценка значимости переменных факторов
5. На чем основано планирование экспериментального исследования и как оно осуществляется.
6. Назовите основные методы планирования эксперимента.
7. Что такое параллельный эксперимент и его необходимость в выполнении исследований
8. Какое минимальное количество повторений необходимо при экспериментальном исследовании и от чего зависит это количество

### **Раздел 5 «Математические методы планирования и проведения экспериментального исследования и моделирование металлургических систем на их основе»**

1. Что такое полный факторный эксперимент и чем он отличается от дробного факторного эксперимента?
2. В чём заключается основное преимущество однофакторного эксперимента?
3. За счёт чего возможно уменьшение числа опытов при проведении экспериментальных исследований?
4. Что такое двухуровневый эксперимент и в чём его преимущества и недостатки по сравнению с многоуровневыми исследованиями.
5. Моделью каких процессов является уравнение Колмогорова-Ерофеева?
6. Что такое физическое моделирование процесса?
- 7 В чём заключается смысл математического моделирования?

### **Раздел 6 «Представление и использование результатов исследования»**

1. Назовите основные формы представления результатов научных исследований
2. Как представляют первичные данные научного исследования
3. Что такое экспериментальный отчет?
4. Назовите формы представления результатов исследования мировому сообществу
5. Чем определяется эффективность научного доклада?
6. Что представляет собой презентация как форма представления научного исследования?

#### **6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к дифф.зачету (по дисциплине):**

1. Назовите основные нормативные документы, определяющие порядок выполнения и представление результатов научного исследования.
2. Что такое предмет и объект исследования, о чем заключается их принципиальное отличие?
3. Что включает в себя эмпирические методы исследования
4. Какие преимуществами обладает экспериментальное изучение объекта по сравнению с наблюдением?
5. Какие методы исследований применяются при изучении металлургических процессов и систем?
6. В чем принципиальное отличие теоретических и экспериментальных методов исследования?
7. Какие теоретические методы исследования наиболее часто используются при изучении металлургических процессов и систем?
8. С чем связано особое значение экспериментальных методов исследования в металлургии цветных металлов?
9. С какой целью в процессе хлорирования титанового сырья используют кокс? Что он восстанавливает?
10. В чем заключается термодинамическое преимущество электролитического получения алюминия с использованием угольных анодов?

11. Имеется ли термодинамическое обоснование у процесса электролиза водных растворов с выделением электроотрицательных металлов на катоде?
12. Какие вопросы металлургической технологии могут быть решены на основе термодинамического анализа процессов и физико-химических систем?
13. Какой неравновесный процесс является термодинамически предпочтительным?
14. Общая характеристика процессов массопереноса
15. Какое термодинамическое обоснование имеет ведение процесса металлургического получения магния в вакууме?
16. Чем определяется суммарная скорость металлургического процесса
17. Как описывается кинетика при ограничении скорости процесса термической диссоциации соединений внутридиффузионной стадией
18. Что такое массоотдача и массопередача в металлургических процессах
19. Назовите условия равновесия процессов массопереноса
20. Какие элементарные стадии химического взаимодействия имеют наибольшее значение для процессов, протекающих в металлургических системах?
21. Какое математическое уравнение является универсальной моделью процессов массовой кристаллизации?
22. В какой форме удобнее всего представлять результаты многофакторных исследований?
23. Какой математический метод используют для вычисления коэффициентов уравнения регрессии?
24. Что такое статистическая модель объекта?
25. Какова роль известных физических и физико-химических закономерностей в построении математической модели?
26. Почему электролиз расплавов можно вести с более высокой скоростью, чем электролиз водных растворов?
27. Какое значение имеет экспериментальное исследование в процессе моделирования объекта?
28. Что является целью корреляционного анализа?
29. Для чего необходимо выполнять параллельные опыты?
30. Каким образом учитывается эффект масштабирования при переносе результатов лабораторного исследования на промышленный объект?
31. Назовите основные принципы построения презентации.
32. Что такое научная публикация и для чего она необходима
33. Что такое графическая обработка результатов исследования, для чего она необходима.

## 6.2.2. Примерные тестовые задания

### Вариант № 1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	Метод научного познания, сущность которого заключается в замене изучаемого предмета или явления специальной аналогичной моделью (объектом), содержащей существенные черты оригинала - это	1. эксперимент 2. моделирование 3. измерение 4. описание
2	Равновесный состав газовой фазы при избытке твердого углерода для взаимодействия $MeO + C = Me + CO_2$ будет определяться при постоянном P и T равновесием:	1. $MeO + CO = Me + CO_2$ 2. $2C + O_2 = 2CO$ 3. $CO + 1/2O_2 = CO_2$ 4. $CO_2 + C = 2CO$

3	Что такое полный факторный эксперимент?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. эксперимент, имеющий два уровня варьирования факторов</li> <li>2. эксперимент, имеющий три уровня варьирования факторов</li> <li>3. эксперимент, когда выполняются все возможные сочетания уровней факторов</li> <li>4. эксперимент, в модели которого имеются смешанные взаимодействия.</li> </ol>
4	Каким методом находятся коэффициенты регрессионной модели при многофакторном эксперименте?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ковариационным анализом</li> <li>2. дисперсионным анализом</li> <li>3. методом корреляционного анализа</li> <li>4. наименьших квадратов.</li> </ol>
5	Число степеней свободы для реакции $\text{MeO}_{\text{ТВ}} + \text{C}_{\text{ТВ}} \Leftrightarrow \text{Me}_{\text{ж}} + \text{CO}_2$ при постоянном давлении:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>C = 2 + 2 - 3 = 1</math></li> <li>2. <math>C = 3 + 1 - 4 = 0</math></li> <li>3. <math>C = 4 + 2 - 4 = 2</math></li> <li>4. <math>C = 3 + 1 - 3 = 1</math></li> </ol>
6	Метод измерения расхода высокотемпературных (более $10000^\circ\text{C}$ ) печных газов при промышленном эксперименте:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. металлическая пневмометрическая трубка с водяным охлаждением</li> <li>2. дисковая диафрагма</li> <li>3. анемометр</li> <li>4. кварцевая пневмотрубка</li> </ol>
7	Предрасположенность гетерогенного взаимодействия к торможению связана с выполнением:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. правила фаз</li> <li>2. принципа Ле-Шателье</li> <li>3. правила Пиллинга-Бэдвордса</li> <li>4. уравнения Аррениуса</li> </ol>
8	Наиболее представительное условие, обеспечивающее возможность получения на физических моделях количественного результата, пригодного для переноса на объект	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. соблюдение подобия входа</li> <li>2. достижение подобия характера процессов</li> <li>3. получение критериального уравнения</li> <li>4. геометрическое подобие</li> </ol>
9	Масштаб эксперимента, необходимый и достаточный для исследования эффекта псевдооживления применительно к работе печей «КС»	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. лабораторный</li> <li>2. поисковый</li> <li>3. укрупненно-лабораторный</li> <li>4. опытно-промышленный</li> </ol>
10	При диффузионном ограничении процесса суммарная скорость взаимодействия определяется:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. законом Фика</li> <li>2. уравнением Бернулли</li> <li>3. уравнением химической кинетики</li> <li>4. законом Генри</li> </ol>
11	Понятие стабильности газового потока в условиях эксперимента на физических моделях	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. равенство скоростей в сходственных сечениях потока</li> <li>2. подобие эпюры скоростей во всех поперечных сечениях потока, независимо от начальных условий входа</li> <li>3. неизменность поперечных сечений потока</li> <li>4. постоянный вектор направления потока</li> </ol>
12	При ограничении скорости процесса термической диссоциации соединений внутридиффузионной стадией кинетика суммарного процесса описывается:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. линейным уравнением</li> <li>2. логарифмическим уравнением</li> <li>3. экспоненциальным законом</li> <li>4. параболическим законом</li> </ol>

13	Что послужило математической основой разработки дробного факторного эксперимента?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. наличие избыточной информации для построения линейной модели</li> <li>2. не значимость коэффициентов при смешанных взаимодействиях</li> <li>3. сокращение количества опытов</li> <li>4. увеличение скорости роста числа опытов по сравнению с ростом количества исследуемых факторов.</li> </ol>
14	Экспериментально активность ионов в растворе может быть определена:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. химическим анализом</li> <li>2. по величине электропроводности</li> <li>3. по величине равновесного потенциала</li> <li>4. по величине ионной силы</li> </ol>
15	Что такое матрица планирования эксперимента?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. таблица, обеспечивающая рандомизацию экспериментальных исследований</li> <li>2. таблица, задающая общее число экспериментов</li> <li>3. таблица, задающая последовательность проведения отдельных экспериментов</li> <li>4. таблица, включающая условия проведения отдельных экспериментов.</li> </ol>
16	Сколько серий параллельных опытов включает дробный двухуровневый факторный эксперимент в виде полуреплики трех факторов?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 4</li> <li>2. 6</li> <li>3. 8</li> <li>4. 9</li> </ol>
17	Что оценивается при помощи критерия Стьюдента?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. значимость коэффициентов уравнения регрессии</li> <li>2. статистическая однородность дисперсии выхода</li> <li>3. адекватность регрессионной модели</li> <li>4. значимость фактора при проведении дисперсионного анализа.</li> </ol>
18	Термодинамическая оценка электролитических процессов чаще всего проводится с помощью:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. изменения энергии Гиббса</li> <li>2. изменения энтальпии</li> <li>3. потенциала электродного процесса восстановления</li> <li>4. теоретического напряжения разложения</li> </ol>
19	Исследование объекта в контролируемых или искусственно созданных условиях» относится к:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. эксперименту</li> <li>2. наблюдению</li> <li>3. идеализации</li> <li>4. измерению</li> </ol>
20	Что такое сверхнасыщенные экспериментальные планы?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. когда число опытов равно числу факторов</li> <li>2. когда число опытов меньше числа факторов</li> <li>3. когда число опытов больше числа факторов</li> <li>4. число степеней свободы положительно</li> </ol>

## Вариант № 2

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	Основу методологии научного исследования составляет:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. диагностический метод</li> <li>2. общий метод</li> <li>3. обобщение общественной практики</li> <li>4. совокупность правил какого-либо искусства</li> </ol>
2	Методология науки - это...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. система методов, функционирующих в конкретной науке</li> <li>2. целенаправленное познание</li> <li>3. воспроизведение новых знаний</li> <li>4. учение о принципах построения научного познания</li> </ol>
3	Что такое полный факторный эксперимент?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. эксперимент, имеющий два уровня варьирования факторов</li> <li>2. эксперимент, имеющий три уровня варьирования факторов</li> <li>3. эксперимент, когда выполняются все возможные сочетания уровней факторов</li> <li>4. эксперимент, в модели которого имеются смешанные взаимодействия.</li> </ol>
4	Величина изменения энергии Гиббса ( $\Delta G_t$ ) используется в металлургии для оценки:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. скорости протекания процесса</li> <li>2. составления тепловых балансов</li> <li>3. изменения внутренней энергии системы</li> <li>4. вероятности протекания процесса</li> </ol>
5	При ограничении скорости процесса термической диссоциации соединений внутридиффузионной стадией кинетика суммарного процесса описывается:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. линейным уравнением</li> <li>2. логарифмическим уравнением</li> <li>3. экспоненциальным законом</li> <li>4. параболическим законом</li> </ol>
6	Научное исследование - это...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. целенаправленное познание</li> <li>2. выработка общей стратегии науки</li> <li>3. система методов, функционирующих в конкретной науке</li> <li>4. учение, позволяющее критически осмыслить методы познания</li> </ol>
7	При ограничении скорости процесса термической диссоциации соединений внутридиффузионной стадией кинетика суммарного процесса описывается:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. линейным уравнением</li> <li>2. логарифмическим уравнением</li> <li>3. экспоненциальным законом</li> <li>4. параболическим законом</li> </ol>
8	Что послужило математической основой разработки дробного факторного эксперимента?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. наличие избыточной информации для построения линейной модели</li> <li>2. незначимость коэффициентов при смешанных взаимодействиях</li> <li>3. сокращение количества опытов</li> <li>4. увеличение скорости роста числа опытов по сравнению с ростом количества исследуемых факторов.</li> </ol>

9	Экспериментально активность ионов в растворе может быть определена:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. химическим анализом</li> <li>2. по величине электропроводности</li> <li>3. по величине равновесного потенциала</li> <li>4. по величине ионной силы</li> </ol>
10	Для реакции хлорирования, при условии перехода $\text{NiCl}_2$ в расплав $\text{NaCl}$ , $\text{NiO}_{\text{ТВ}} + \text{Cl}_2 \Leftrightarrow [\text{NiCl}_2]_{\text{Ж}} + 1/2\text{O}_2$ константа равновесия составит:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>K_p = \frac{a_{\text{NiCl}_2}}{a_{\text{NiO}}}</math></li> <li>2. <math>K_p = \frac{P_{\text{O}_2}^{1/2}}{P_{\text{Cl}_2}}</math></li> <li>3. <math>K_p = \frac{a_{\text{NiCl}_2} P_{\text{O}_2}^{1/2}}{a_{\text{NiO}} P_{\text{Cl}_2}}</math></li> <li>4. <math>K_p = \frac{a_{\text{NiCl}_2} P_{\text{O}_2}^{1/2}}{P_{\text{Cl}_2}}</math></li> </ol>
11	Что такое интервал варьирования факторов?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. интервал от 0 до наименьшего значения фактора</li> <li>2. полуразность наибольшего и наименьшего значения фактора</li> <li>3. интервал от 0 до наибольшего значения фактора</li> <li>4. разность наибольшего и наименьшего значения фактора.</li> </ol>
12	Что послужило математической основой разработки дробного факторного эксперимента?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. наличие избыточной информации для построения линейной модели</li> <li>2. незначимость коэффициентов при смешанных взаимодействиях</li> <li>3. сокращение количества опытов</li> <li>4. увеличение скорости роста числа опытов по сравнению с ростом количества исследуемых факторов.</li> </ol>
13	Число степеней свободы для реакции $2\text{MgO}_{\text{ТВ}} + \text{Si}_{\text{ТВ}} \Leftrightarrow 2\text{Mg}_{\text{Г}} + \text{SiO}_{2\text{ТВ}}$ :	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>3 + 2 - 4 = 1</math></li> <li>2. <math>2 + 2 - 4 = 0</math></li> <li>3. <math>3 + 1 - 2 = 2</math></li> <li>4. <math>2 + 1 - 2 = 1</math></li> </ol>
14	В плане ДФЭ $2^{k-p}$ — это:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. показатель дробности плана ПФЭ</li> <li>2. количество возможных генерирующих отношений</li> <li>3. число проведенных параллельных опытов</li> <li>4. коэффициент, показывающий, во сколько раз уменьшится количество экспериментов по сравнению с ПФЭ <math>2^{k-p}</math></li> </ol>
15	Что оценивается при помощи критерия Стьюдента?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. значимость коэффициентов уравнения регрессии</li> <li>2. статистическая однородность дисперсии выхода</li> <li>3. адекватность регрессионной модели</li> <li>4. значимость фактора при проведении дисперсионного анализа.</li> </ol>

16	Термодинамическая оценка электролитических процессов чаще всего проводится с помощью:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. изменения энергии Гиббса</li> <li>2. изменения энтальпии</li> <li>3. потенциала электродного процесса восстановления</li> <li>4. теоретического напряжения разложения</li> </ol>
17	Исследование объекта в контролируемых или искусственно созданных условиях» относится к:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. эксперименту</li> <li>2. наблюдению</li> <li>3. идеализации</li> <li>4. измерению</li> </ol>
18	Что такое сверхнасыщенные экспериментальные планы?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. когда число опытов равно числу факторов</li> <li>2. когда число опытов меньше числа факторов</li> <li>3. когда число опытов больше числа факторов</li> <li>4. число степеней свободы положительно</li> </ol>
19	Что такое интервал варьирования факторов?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. интервал от 0 до наименьшего значения фактора</li> <li>2. полуразность наибольшего и наименьшего значения фактора</li> <li>3. интервал от 0 до наибольшего значения фактора</li> <li>4. разность наибольшего и наименьшего значения фактора.</li> </ol>
20	Каким методом находятся коэффициенты регрессионной модели при многофакторном эксперименте?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ковариационным анализом</li> <li>2. дисперсионным анализом</li> <li>3. методом корреляционного анализа</li> <li>4. наименьших квадратов.</li> </ol>

### Вариант № 3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	Как называется процедура выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. методика</li> <li>2. методология</li> <li>3. планирование эксперимента</li> <li>4. программа.</li> </ol>
2	Суммарная скорость металлургического процесса определяется:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. наиболее быстрой стадией</li> <li>2. медленной стадией</li> <li>3. химическим взаимодействием</li> <li>4. диффузией реагентов</li> </ol>
3	Главное условие представительности пробы газа, отбираемого из металлургического газохода в промышленном эксперименте на химический анализ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. резкое охлаждение газа при его отборе (закалка)</li> <li>2. максимальная скорость отсоса газа пробоотборником</li> <li>3. сохранение температуры газа при его транспортировке по трассе</li> <li>4. осушение газовой пробы</li> </ol>
4	Величина изменения энергии Гиббса ( $\Delta G_T$ ) используется в металлургии для оценки:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. скорости протекания процесса</li> <li>2. составления тепловых балансов</li> <li>3. изменения внутренней энергии системы</li> <li>4. вероятности протекания процесса</li> </ol>



5	Исходные требования к условиям подобию при физическом моделировании любых металлургических объектов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. подобие входа</li> <li>2. геометрическое подобие рабочих элементов конструкции объекта</li> <li>3. подобия поля скоростей</li> <li>4. подобие теплового поля</li> </ol>
6	Наиболее представительное условие, обеспечивающее возможность получения на физических моделях количественного результата, пригодного для переноса на объект	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. соблюдение подобия входа</li> <li>2. достижение подобия характера процессов</li> <li>3. получение критериального уравнения</li> <li>4. геометрическое подобие</li> </ol>
7	Для реакции хлорирования, при условии перехода $\text{NiCl}_2$ в расплав $\text{NaCl}$ , $\text{NiO}_{\text{тв}} + \text{Cl}_2 \Leftrightarrow [\text{NiCl}_2]_{\text{ж}} + 1/2\text{O}_2$ константа равновесия составит:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>K_p = \frac{a_{\text{NiCl}_2}}{a_{\text{NiO}}}</math></li> <li>2. <math>K_p = \frac{P_{\text{O}_2}^{1/2}}{P_{\text{Cl}_2}}</math></li> <li>3. <math>K_p = \frac{a_{\text{NiCl}_2} P_{\text{O}_2}^{1/2}}{a_{\text{NiO}} P_{\text{Cl}_2}}</math></li> <li>4. <math>K_p = \frac{a_{\text{NiCl}_2} P_{\text{O}_2}^{1/2}}{P_{\text{Cl}_2}}</math></li> </ol>
8	Что такое интервал варьирования факторов?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. интервал от 0 до наименьшего значения фактора</li> <li>2. полуразность наибольшего и наименьшего значения фактора</li> <li>3. интервал от 0 до наибольшего значения фактора</li> <li>4. разность наибольшего и наименьшего значения фактора.</li> </ol>
9	Что послужило математической основой разработки дробного факторного эксперимента?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. наличие избыточной информации для построения линейной модели</li> <li>2. незначимость коэффициентов при смешанных взаимодействиях</li> <li>3. сокращение количества опытов</li> <li>4. увеличение скорости роста числа опытов по сравнению с ростом количества исследуемых факторов.</li> </ol>
10	Число степеней свободы для реакции $2\text{MgO}_{\text{тв}} + \text{Si}_{\text{тв}} \Leftrightarrow 2\text{Mg}_{\text{г}} + \text{SiO}_{2\text{тв}}$ :	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>3 + 2 - 4 = 1</math></li> <li>2. <math>2 + 2 - 4 = 0</math></li> <li>3. <math>3 + 1 - 2 = 2</math></li> <li>4. <math>2 + 1 - 2 = 1</math></li> </ol>
11	В плане ДФЭ $2^{k-p}$ – это:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. показатель дробности плана ПФЭ</li> <li>2. количество возможных генерирующих отношений</li> <li>3. число проведенных параллельных опытов</li> <li>4. коэффициент, показывающий, во сколько раз уменьшится количество экспериментов по сравнению с ПФЭ <math>2^{k-p}</math></li> </ol>
12	Какой критерий служит для оценки статистической однородности дисперсии выхода?	а) критерий Колмогорова, б) критерий Кохрена, с) критерий Пирсона, д) критерий Стьюдента.

13	Стандартным средством к кислороду для реакции окисления металлов до оксидов называется:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. изменение энтальпии</li> <li>2. изменение энергии Гиббса</li> <li>3. изменение энтропии</li> <li>4. изменение внутренней энергии</li> </ol>
14	Как называется величина, показывающая с каким из эффектов смешан основной эффект фактора приДФЭ?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. целевой функцией</li> <li>2. репликой</li> <li>3. генерирующее соотношение</li> <li>4. определяющий контраст</li> </ol>
15	Масштаб эксперимента, необходимый и достаточный для определения теплотворности топлива	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. поисковый</li> <li>2. опытно-промышленный</li> <li>3. лабораторный</li> <li>4. промышленный</li> </ol>
16	Равновесие металлотермической реакции $Me'O_{ТВ} + Me''_{ТВ} \Leftrightarrow Me'_{ТВ} + Me''O_{ТВ}$ определяется:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. температурой</li> <li>2. давлением</li> <li>3. температурой и давлением</li> <li>4. природой металлов</li> </ol>
17	С возрастанием средства металла к кислороду термодинамическая прочность образующегося оксида:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. возрастает</li> <li>2. изменяется</li> <li>3. остается неизменной</li> <li>4. стремится к нулю</li> </ol>
18	Научное исследование - это...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. целенаправленное познание</li> <li>2. выработка общей стратегии науки</li> <li>3. система методов, функционирующих в конкретной науке</li> <li>4. учение, позволяющее критически осмыслить методы познания</li> </ol>
19	Методология науки - это...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. система методов, функционирующих в конкретной науке</li> <li>2. целенаправленное познание</li> <li>3. воспроизведение новых знаний</li> <li>4. учение о принципах построения научного познания</li> </ol>
20	Что такое интервал варьирования факторов?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. интервал от 0 до наименьшего значения фактора</li> <li>2. полуразность наибольшего и наименьшего значения фактора</li> <li>3. интервал от 0 до наибольшего значения фактора</li> <li>4. разность наибольшего и наименьшего значения фактора.</li> </ol>

### 6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

#### 6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (дифф.зачет)

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 60 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 70 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 85 % лекционных и практических занятий
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

#### *Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:*

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Неудовлетворительно
50-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

#### 6.3.2. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации в форме защиты курсовой работы

Студент выполняет курсовую работу / курсовой проект в соответствии с графиком, принятым на заседании кафедры. Оценка может быть снижена за несоблюдение установленного кафедрой графика.

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)

<p>Студент не выполнил курсовую работу в соответствии с заданием. Не владеет теоретическими знаниями по изучаемой дисциплине. Необходимые практические компетенции не сформированы</p>	<p>Студент выполнил курсовую работу с существенными ошибками. При защите курсового проекта демонстрирует слабую теоретическую подготовку. При решении задач, предусмотренных программой учебной дисциплины, допускает неточности, существенные ошибки</p>	<p>Студент выполнил курсовую работу с некоторыми незначительными ошибками и неточностями. При защите курсового проекта демонстрирует хорошую теоретическую подготовку. Хорошо справляется с решением задач, предусмотренных программой учебной дисциплины</p>	<p>Студент выполнил курсовую работу полностью в соответствии с заданием. При защите курсового проекта демонстрирует высокую теоретическую подготовку. Успешно справляется с решением задач, предусмотренных программой учебной дисциплины</p>
--	---	---	---

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

1. Введение в управление технологиями [Текст] : учеб. пособие / сост. П. А. Петров; науч. ред. Ю. В. Шариков. - СПб. : Art-Xpress, 2015.
2. Шариков, Ю. В. Моделирование процессов и объектов в химических технологиях [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Ю. В. Шариков. - СПб. : Горн. ун-т, 2015.
3. Черемисина О.В. Теория и практика извлечения цветных металлов из промышленных растворов, стоков, природных вод и грунтов. Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет). СПб, 2008. 148 с.
4. Бричкин В.Н. Процессы массовой кристаллизации из растворов в производстве глинозёма/ В.Н.Бричкин, В.М. Сизяков. СПГГИ (ТУ). СПб, 2005

#### 7.1.2. Дополнительная литература

1. Физическая химия. Фазовые диаграммы [Текст] : учеб. пособие / Д. Э. Чиркст [и др.]. - СПб. : Горн. ун-т, 2013.
2. Основы металлургии : В 7 т. Т.6 : Средства и системы автоматического контроля и управления в цветной металлургии / Отв. ред.: И.А.Стригин, А.В.Троицкий, Ю.Я.Ольский, И.Н.Сушкин. - М. : Металлургия, 1973
3. Глинков, Герман Маркович. Теоретические основы автоматического управления металлургическими процессами : Учеб. пособие для вузов. - М. : Металлургия, 1985.
4. Бричкин, Вячеслав Николаевич (СПГГИ Каф.МЦМ). Металлургия легких металлов. Производство алюминия и магния : лаб. практикум / В.Н.Бричкин, В.М.Сизяков ; С.-Петерб. гос. горн. ин-т им. Г.В.Плеханова (техн. ун-т). - СПб. : СПГГИ, 2005

#### 7.1.3. Учебно-методическое обеспечение

1. Арсентьев П.П. Экспериментальные работы по теории металлургических процессов / П.П. Арсентьев, Г.В. Серов, Д.И. Рыжонков. – М.: Металлургия", 1989. - 288 с.
2. Ванюков А.В., Уткин Н.И. Комплексная переработка медного и никелевого сырья. – М.: Металлургия, 1998. - 432с.
3. Воган Д. Химия сульфидных минералов/ Воган Д., Крейг Дж. – М.: Мир, 1981.
4. Вольский А. Н., Сергиевская Е. М., Теория металлургических процессов, М., 1968;
5. Грейвер Н.С. Основы металлургии/ Н.С. Грейвер, Д.Н. Клушин, И.А. Стригин, А.В. Троицкий, Т.1. Ч.2. Общие вопросы металлургии. – М.: Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии, 1961. - 780 с.

6. Диомидовский Д.А. *Металлургические печи цветной металлургии.* – М.: Металлургия, 1970.
7. Есин О.А. *Физическая химия пирометаллургических процессов* / О.А. Есин, П.В. Гельд. Ч.1. - 2-е изд. - Свердловск : Гос. научн. техн. изд. лит.по черной и цветной металлургии. Свердловское отделение, 1962. - 672 с. - 2.34
8. Есин О.А. *Физическая химия пирометаллургических процессов* / О.А. Есин, П.В. Гельд. Ч.2. - 2-е изд. - М. : Металлургия, 1966. - 704 с. - 2.62
9. Казачков, Е.А. *Расчеты по теории металлургических процессов: учебное пособие для вузов* / Е.А. Казачков. – М.: Металлургия, 1988. – 288с.
10. Лоскутов Ф.М., Цейдлер А.А. *Расчеты по металлургии тяжелых цветных металлов.* М., Изд. по черной и цветной металлургии. 1963.
11. Лукашенко Э.Е. и др. *Сборник примеров и задач по теории процессов цветной металлургии.* М., Металлургия, 1971.
12. Падерин, С.Н. *Теория и расчеты металлургических систем и процессов: учебное пособие для вузов* / С.Н. Падерин, В.В. Филиппов. – М.: МИСИС, 2002. – 334 с.
13. Погодаев А.М. *Основы теории пирометаллургических процессов: Учебное пособие* / А.М. Погодаев, И.А. Погодаева. – Красноярск: ГУЦМиЗ, 2004. – 136 с.
14. Погодаев А.М. *Теория пирометаллургических процессов: сборник задач* / А.М. Погодаев, И.А. Погодаева. – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т; Ин-т цв. металлов и золота, 2007. – 68 с.
15. Попель, С.И. *Теория металлургических процессов: учебное пособие для вузов* / С.И. Попель, А.И. Сотников, В.И. Бороненков. – М.: Металлургия, 1986. – 463 с.
16. Родзевич А.П. *Физико-химические основы металлургических процессов: учебное пособие* / Юргинский технологический институт. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010 - 293 с.
17. Рыжонков Д.И. *Теория металлургических процессов: учебное пособие для вузов* / Д.И. Рыжонков, П.П. Арсентьев, В.В. Яковлев и др. – М.: Металлургия, 1989. – 392 с.

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

1. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>
2. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
3. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>
4. Поисковые системы Yandex, Google, Rambler, Yahoo и др.
5. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань»
6. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ):
7. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
8. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru).
9. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт»»: <http://rucont.ru>
10. Электронно-библиотечная система «SciTecLibrary»: <http://www.sciteclibrary.ru>
11. Электронно-библиотечная система «Лань»: <https://e.lanbook.com/books>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специализированные аудитории, используемые при проведении занятий лекционного типа оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

### **8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:**

#### **8.1.1. Аудитории для проведения лекционных занятий.**

*128 посадочных мест*

Оснащенность: Стол письменный – 65 шт., стул аудиторный – 128 шт., кресло аудиторное – 1 шт., трибуна – 1 шт., трибуна настольная – 1 шт., доска настенная – 2 шт., компьютер 400G1,

N9E88ES – 1 шт., монитор PROLITE TF1734MC-B1X – 1 шт., экран SCM-4308 – 1 шт., проектор XEED WUX6010 – 1 шт., система акустическая Sound SM52T-WH – 8 шт., плакат – 9 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional, Microsoft Office 2007 Professional Plus, Microsoft Open License, Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security, 7-zip (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), SeaMonkey (свободно распространяемое ПО), Chromium (свободно распространяемое ПО), Java Runtime Environment (свободно распространяемое ПО), doPDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (свободно распространяемое ПО), Inkscape (свободно распространяемое ПО), XnView (свободно распространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно распространяемое ПО).

*60 посадочных мест*

Стол письменный – 31 шт., стул аудиторный – 60 шт., кресло аудиторное – 1 шт., трибуна настольная – 1 шт., доска напольная мобильная – 1 шт., ноутбук 90NBOAO2-VQ1400 – 1 шт., проектор XEED WUX450ST – 1 шт., экран SCV-16904 Champion – 1 шт., плакат – 5 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 8 Professional, Microsoft Office 2007 Professional Plus, Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security, 7-zip (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), SeaMonkey (свободно распространяемое ПО), Chromium (свободно распространяемое ПО), Java Runtime Environment (свободно распространяемое ПО), doPDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (свободно распространяемое ПО), Inkscape (свободно распространяемое ПО), XnView (свободно распространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно распространяемое ПО)

### **8.1.2. Аудитории для проведения практических занятий.**

*32 посадочных места*

Стол письменный – 17 шт., стул аудиторный – 32 шт., кресло аудиторное – 1 шт., трибуна настольная – 1 шт., доска настенная – 1 шт., плакат – 6 шт.

Перекатная мультимедийная установка (ноутбук Acer Aspire7720 (Intel(R) Core (TM)2 Duo CPU T7700 2.40GHz 2 ГБ); мышь проводная Genius Laser; проектор DLP Texas Instruments VLT XD600LP; стойка передвижная металлическая многоярусная).

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows Pro 7 RUS, Microsoft Office Std 2007 RUS, Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security, 7-zip (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), Sea Monkey (свободно распространяемое ПО), Chromium (свободно распространяемое ПО), Java 8 Runtime Environment (свободно распространяемое ПО), do PDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (свободно распространяемое ПО), Inkscape (свободно распространяемое ПО), Xn View (свободно распространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно распространяемое ПО).

*30 посадочных мест*

Стол письменный – 16 шт., стул аудиторный – 30 шт., кресло аудиторное – 1 шт., трибуна настольная – 1 шт., доска настенная – 1 шт., плакаты – 5 шт.

Перекатная мультимедийная установка (ноутбук Acer Aspire7720 (Intel(R) Core (TM)2 Duo CPU T7700 2.40GHz 2 ГБ); мышь проводная Genius Laser; проектор DLP Texas Instruments VLT XD600LP; стойка передвижная металлическая многоярусная).

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows Pro 7 RUS, Microsoft Office Std 2007 RUS, Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security, 7-zip (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), Sea Monkey (свободно распространяемое ПО), Chromium (свободно распространяемое ПО), Java 8 Runtime Environment (свободно распространяемое ПО), do PDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (свободно распространяемое ПО), Inkscape (свободно

распространяемое ПО), Xn View (свободно распространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно распространяемое ПО).

#### *28 посадочных мест*

Стол письменный – 15 шт., стул аудиторный – 28 шт., кресло аудиторное – 1 шт., трибуна настольная – 1 шт., доска настенная – 1 шт., плакат – 5 шт.

Перекатная мультимедийная установка (ноутбук Acer Aspire7720 (Intel(R) Core (TM)2 Duo CPU T7700 2.40GHz 2 ГБ); мышь проводная Genius Laser; проектор DLP Texas Instruments VLT XD600LP; стойка передвижная металлическая многоярусная).

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows Pro 7 RUS, Microsoft Office Std 2007 RUS, Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security, 7-zip (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), Sea Monkey (свободно распространяемое ПО), Chromium (свободно распространяемое ПО), Java 8 Runtime Environment (свободно распространяемое ПО), do PDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (свободно распространяемое ПО), Inkscape (свободно распространяемое ПО), Xn View (свободно распространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно распространяемое ПО).

### **8.2. Помещения для самостоятельной работы :**

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional, Microsoft Office 2007 Professional Plus, антивирусное программное обеспечение: Kaspersky Endpoint Security, 7-zip (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), SeaMonkey (свободно распространяемое ПО), Chromium (свободно распространяемое ПО), Java Runtime Environment (свободно распространяемое ПО), doPDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (свободно распространяемое ПО), Inkscape (свободно распространяемое ПО), XnView (свободно распространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно распространяемое ПО).

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть Университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 17 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional, Microsoft Office 2007 Professional Plus, антивирусное программное обеспечение: Kaspersky Endpoint Security, 7-zip (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), SeaMonkey (свободно распространяемое ПО), Chromium (свободно распространяемое ПО), Java Runtime Environment (свободно распространяемое ПО), doPDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (свободно распространяемое ПО), Inkscape (свободно распространяемое ПО), XnView (свободно распространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно распространяемое ПО).

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) - 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) - 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) - 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 - 17 шт., плакат - 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional, Microsoft Office 2007 Professional Plus, CorelDRAW Graphics Suite X5, Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1, антивирусное программное обеспечение: Kaspersky Endpoint Security, 7-zip (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), SeaMonkey (свободно распространяемое ПО), Chromium (свободно распространяемое ПО), Java Runtime Environment (свободно распространяемое ПО), doPDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (свободно распространяемое ПО), Inkscape (свободно распространяемое ПО), XnView (свободно распространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно распространяемое ПО), Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО), Quantum GIS (свободно распространяемое ПО), Python (свободно распространяемое ПО), R (свободно распространяемое ПО), Rstudio (свободно распространяемое ПО), SMath Studio (свободно распространяемое ПО), GNU Octave (свободно распространяемое ПО), Scilab (свободно распространяемое ПО).

#### 4. Читальные залы:

Оснащенность: компьютерное кресло 7875 A2S – 35 шт., стол компьютерный – 11 шт., моноблок Lenovo 20 HD - 16 шт., доска настенная белая - 1 шт., монитор ЖК Philips - 1 шт., монитор HP L1530 15ft - 1 шт., сканер Epson Perf.3490 Photo - 2 шт., системный блок HP6000 – 2 шт; стеллаж открытый - 18 шт., микрофон Д-880 с 071с.ч. - 2 шт., книжный шкаф - 15 шт., парта - 36 шт., стул - 40 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Автоматизированная информационно-библиотечная система (АИБС); MARK-SQL, Ирбис, доступ в Интернет; Microsoft Windows 7 Professional; Microsoft Office 2007 Professional Plus; Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security.

#### 5. Читальный зал:

Оснащенность: аппарат Xerox W. Centre 5230- 1 шт., сканер K. Filem - 1 шт., копировальный аппарат - 1 шт., кресло – 521AF-1 шт., монитор ЖК HP22 - 1 шт., монитор ЖК S.17 - 11 шт., принтер HP L/Jet - 1 шт., системный блок HP6000 Pro - 1 шт., системный блок Ramec S. E4300 – 10 шт., сканер Epson V350 - 5 шт., сканер Epson 3490 - 5 шт., стол 160×80×72 - 1 шт., стул 525 BFH030 - 12 шт., шкаф каталожный - 20 шт., стул «Кодоба» -22 шт., стол 80×55×72 - 10 шт.

#### 6. Читальный зал:

Оснащенность: книжный шкаф 1000×3300×400-17 шт., стол, 400×180 Титаник «Pico» - 1 шт., стол письменный с тумбой – 37 шт., кресло «Cannes» черное - 42 шт., кресло (кремовое) – 37 шт., телевизор 3DTV Samsung UE85S9AT - 1 шт., Монитор Benq 24 - 18 шт., цифровой ИК-трансивер TAIDEN - 1 шт., пульт для презентаций R700-1 шт., моноблок Lenovo 20 HD - 19 шт., сканер Xerox 7600 - 4шт. Перечень лицензионного программного обеспечения: Автоматизированная информационно-библиотечная система (АИБС); MARK-SQL, Ирбис, доступ в Интернет; Microsoft Windows 7 Professional; Microsoft Office 2007 Professional Plus; Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security.

### **8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:**

#### 1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер - 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор - 4 шт., сетевой накопитель - 1 шт., источник бесперебойного питания - 2 шт., телевизор плазменный Panasonic - 1 шт., точка Wi-Fi - 1 шт., паяльная станция - 2 шт., дрель - 5 шт., перфоратор - 3 шт., набор инструмента - 4 шт., тестер компьютерной сети - 3 шт., баллон со сжатым газом - 1 шт., паста теплопроводная - 1 шт., пылесос - 1 шт., радиостанция - 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках - 1 шт., подставка на колесиках - 1 шт., шкаф - 5 шт., кресло - 2 шт., лестница Alve - 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional, Microsoft Office 2010 Professional Plus, антивирусное программное обеспечение: Kaspersky Endpoint Security, 7-zip (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно



распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), SeaMonkey (свободно распространяемое ПО), Chromium (свободно распространяемое ПО), Java Runtime Environment (свободно распространяемое ПО), doPDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (свободно распространяемое ПО), Inkscape (свободно распространяемое ПО), XnView (свободно распространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно распространяемое ПО).

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол - 5 шт., стул - 2 шт., кресло - 2 шт., шкаф - 2 шт., персональный компьютер - 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор - 2 шт., МФУ - 1 шт., тестер компьютерной сети - 1 шт., баллон со сжатым газом - 1 шт., шуруповерт - 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows XP Professional, Microsoft Windows 7 Professional, Microsoft Office 2007 Professional Plus, антивирусное программное обеспечение: Kaspersky Endpoint Security, 7-zip (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), SeaMonkey (свободно распространяемое ПО), Chromium (свободно распространяемое ПО), Java Runtime Environment (свободно распространяемое ПО), doPDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (свободно распространяемое ПО), Inkscape (свободно распространяемое ПО), XnView (свободно распространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно распространяемое ПО).

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол - 2 шт., стул - 4 шт., кресло - 1 шт., шкаф - 2 шт., персональный компьютер - 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 - 1 шт., колонки Logitech - 1 шт., тестер компьютерной сети - 1 шт., дрель - 1 шт., телефон - 1 шт., набор ручных инструментов - 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional, Microsoft Office 2007 Professional Plus, антивирусное программное обеспечение: Kaspersky Endpoint Security, 7-zip (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), SeaMonkey (свободно распространяемое ПО), Chromium (свободно распространяемое ПО), Java Runtime Environment (свободно распространяемое ПО), doPDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (свободно распространяемое ПО), Inkscape (свободно распространяемое ПО), XnView (свободно распространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно распространяемое ПО).

#### **8.4. Лицензионное программное обеспечение:**

1. Microsoft Windows 8 Professional (договор бессрочный ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 «На поставку компьютерной техники»)

2. Microsoft Office 2007 Standard (договор бессрочный Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007)

3. Microsoft Office 2010 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, договор бессрочный Microsoft Open License 47665577 от 10.11.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011)