

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 30.09.2023 16:41:18

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98ac3de2eb454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Теория и технология пиromеталлургических производств

Закреплена за подразделением

Кафедра цветных металлов и золота

Направление подготовки

22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Технологический менеджмент в производстве цветных металлов и золота

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 1

аудиторные занятия

72

самостоятельная работа

36

часов на контроль

36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	1 (1.1)		Итого	
	УП	РП	УП	РП
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	18	18	18	18
Лабораторные	18	18	18	18
Практические	36	36	36	36
Итого ауд.	72	72	72	72
Контактная работа	72	72	72	72
Сам. работа	36	36	36	36
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

*к.т.н., ст.преп., Быстров С.В.*

Рабочая программа

**Теория и технология пирометаллургических производств**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.04.02 Metallургия, 22.04.02-ММТ-22-6.plx Технологический менеджмент в производстве цветных металлов и золота, утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.02 Metallургия, Технологический менеджмент в производстве цветных металлов и золота, утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра цветных металлов и золота**

Протокол от 22.06.2021 г., №19

Руководитель подразделения Тарасов Вадим Петрович, д.т.н., профессор

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Формирование компетенций в соответствии с учебным планом, а также подготовка специалиста к научно-технической и организационно-методической деятельности, ориентированной на пирометаллургические процессы в производстве металлов
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.05
2.1	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.2	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Научно-исследовательская практика	
2.2.2	Информационные технологии	
2.2.3	Металлургия благородных металлов. Комплексное использование сырья и отходов благородных металлов	
2.2.4	Научно-исследовательская работа	
2.2.5	Потребительские свойства металлургической продукции	
2.2.6	Современные методы и оборудование металлургии, машиностроения и материаловедения	
2.2.7	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.8	Преддипломная практика	
2.2.9	Металлургия вторичных легких металлов. Производство легких сплавов	
2.2.10	Металлургия меди и никеля. Комплексное использование сырья и отходов меди и никеля	
2.2.11	Металлургия рассеянных редких металлов. Комплексное использование сырья и отходов рассеянных редких металлов	
2.2.12	Металлургия редкоземельных и радиоактивных металлов. Комплексное использование сырья и отходов редкоземельных и радиоактивных металлов	
2.2.13	Металлургия свинца и цинка. Комплексное использование сырья и отходов свинца и цинка	
2.2.14	Металлургия тугоплавких редких металлов. Комплексное использование сырья и отходов тугоплавких редких металлов	
2.2.15	Производство глинозема. Комплексное использование сырья и отходов производства глинозема	
2.2.16	Современные экономические проблемы цветной металлургии	
2.2.17	Управление проектами	
2.2.18	Электрометаллургия алюминия и магния. Комплексное использование сырья и отходов алюминия и магния	

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

<b>ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний, знаний в междисциплинарных областях в области металлургии</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-1-31	Теоретические и технологические основы типовых процессов и технологий производства цветных металлов и их соединений.
ОПК-1-31	Теоретические и технологические основы типовых процессов и технологий производства цветных металлов и их соединений.
<b>УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, выработать стратегию действий</b>	
<b>Знать:</b>	
УК-1-31	Методики/методы анализа продукции, процессов и систем в области пирометаллургического производства.
УК-1-31	Методики/методы анализа продукции, процессов и систем в области пирометаллургического производства.
<b>ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний, знаний в междисциплинарных областях в области металлургии</b>	
<b>Уметь:</b>	
ОПК-1-У1	Решать типовые профессиональные задачи в области металлургии цветных металлов используя фундаментальные знания

<b>УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий</b>
<b>Уметь:</b>
УК-1-У1 Решать нестандартные задачи профессиональной деятельности в условиях неопределенности, альтернативные решения с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов
<b>ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний, знаний в междисциплинарных областях в области металлургии</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-1-У1 Решать типовые профессиональные задачи в области металлургии цветных металлов используя фундаментальные знания
<b>УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий</b>
<b>Уметь:</b>
УК-1-У1 Решать нестандартные задачи профессиональной деятельности в условиях неопределенности, альтернативные решения с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов
<b>ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний, знаний в междисциплинарных областях в области металлургии</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-1-В1 Навыками типовых технологических расчетов для решения производственных и/или исследовательских задач в области производства цветных металлов и их соединений
ОПК-1-В1 Навыками типовых технологических расчетов для решения производственных и/или исследовательских задач в области производства цветных металлов и их соединений
<b>УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий</b>
<b>Владеть:</b>
УК-1-В1 осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК-1-В1 осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Физико-химические свойства фаз пиromеталлургических процессов</b>							
1.1	Общие физико-химические свойства твердых, жидких и газовой фаз. /Лек/	1	6	УК-1-31 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э5			
1.2	Определение основных физических свойств жидкости /Лаб/	1	5	УК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.2 Л1.4Л2.3 Л2.6 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э5			Р7
1.3	Расчеты свойств идеальных газов и химических равновесий в системе газ-жидкость-твердое. /Пр/	1	6	УК-1-У1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.4 Л2.6 Л2.7 Э1 Э2 Э3 Э5			Р2

1.4	Первый закон термодинамики, его следствия и применение для расчета свойств газов и химических равновесий в газовой фазе. Понятие термодинамической активности и ее использование для расчета свойств реальных растворов. /Ср/	1	8	УК-1-31 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.3 Л2.5 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5			
<b>Раздел 2. Фазовые диаграммы в пирометаллургии</b>								
2.1	Фазовые диаграммы в пирометаллургии цветных металлов /Лек/	1	4	УК-1-31 ОПК-1-31	Л1.2 Л1.3Л2.2 Л2.3 Л2.5 Э1 Э2 Э5			
2.2	Применение диаграмм состояния для анализа пирометаллургических процессов и систем /Пр/	1	6	УК-1-У1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.3 Л2.7 Э1 Э2 Э4			Р3
2.3	Понятие фазы. Правило фаз Гиббса. Понятие фазовой диаграммы состояния. Принципы построения диаграмм. Типы фазовых диаграмм. Основные области диаграмм с разной фазовой структурой. /Ср/	1	6	УК-1-31 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5			
<b>Раздел 3. Термодинамика основных физико-химических процессов</b>								
3.1	Основы термодинамического анализа процессов диссоциации, окисления и восстановления соединений металлов. /Лек/	1	4	УК-1-31 ОПК-1-31	Л1.2 Л1.3Л2.5 Л2.7 Л2.8 Э1 Э2 Э3			
3.2	Термодинамические расчеты процессов диссоциации, окисления и восстановления соединений металлов. Построение потенциальных диаграмм. Термодинамический анализ типичных процессов применительно к пирометаллургии цветных металлов. Контрольная работа №1 /Пр/	1	14	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э5		КМ1	Р4
3.3	Определение термодинамических величин химической реакции в интервале температур /Лаб/	1	5	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.4 Л2.6 Л2.9 Э1 Э3 Э5			Р8

3.4	Термодинамические расчеты основных физико-химических процессов процессов в пирометаллургии и построение потенциальных диаграмм для систем без образования растворов. Выполнение домашнего задания. /Ср/	1	8	УК-1-31 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.3 Л2.4 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5			P1
	<b>Раздел 4. Динамика металлургических процессов</b>							
4.1	Динамика физико-химических процессов в металлургии. /Лек/	1	2	УК-1-31 ОПК-1-31	Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.7 Э1 Э3 Э5			
4.2	Исследование динамики металлургических процессов в гетерогенных системах /Пр/	1	6	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.3 Л2.6 Э1 Э2 Э5			P5
4.3	Анализ кинетики процесса окисления сульфидов /Лаб/	1	4	УК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2 Л2.6 Л2.9 Э1 Э2 Э5			P9
4.4	Динамика физико-химических процессов. Скорости процессов химического взаимодействия в гомогенных системах. Лимитирующая стадия и принципы ее определения для процессов в гетерогенных системах. Способы интенсификации медленных стадий. /Ср/	1	6	УК-1-31 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5			
	<b>Раздел 5. Расслаивание фаз и потери цветных металлов в пирометаллургических процессах</b>							
5.1	Формы потерь цветных металлов со шлаками. /Лек/	1	2	УК-1-31 ОПК-1-31	Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.4 Э1 Э5			
5.2	Влияние физико-химических условий на потери цветных металлов со шлаками. Контрольная работа №2 /Пр/	1	4	УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э5			P6
5.3	Исследование влияния различных факторов на растворимость меди в шлаках /Лаб/	1	4	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.3 Л2.6 Л2.9 Э1 Э5			P10

5.4	Потери меди, никеля, свинца и цинка со шлаками. Основные факторы влияющие на потери цветных металлов со шлаками. Способы и технологии извлечения цветных металлов из шлаков. Подготовка к экзамену по курсу. /Ср/	1	8	УК-1-31 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.8 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5		КМ3	
-----	---	---	---	------------------	--	--	-----	--

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Контрольная работа №1	ОПК-1-31;УК-1-31;ОПК-1-У1	<p>Дайте определение понятию “поверхностное натяжение жидкости”. Сформулируйте основную задачу металлургического производства. На какие два основных типа подразделяются металлургические процессы? Сформулируйте их отличительные черты. Что такое энтальпия? Как она связана с внутренней энергией системы?</p> <p>Назовите основные типы идеальных растворов, и для каких растворов справедлив закон Генри?</p> <p>Дайте определение диффузии. Сформулируйте законы Фика (1-й и 2-й).</p> <p>Дайте определение идеального газа.</p> <p>Перечислите методики измерения поверхностного натяжения жидкостей при высоких температурах. Дайте краткое описание любой методики.</p> <p>Сформулировать условия, при которых металл может быть применен для восстановления оксида другого металла.</p> <p>В какой последовательности будут образовываться оксиды железа, если окисление проводить при температуре 560 оС ?</p> <p>Рассчитать содержание SO<sub>2</sub> в газовой фазе (об. %), находящейся в равновесии с сульфидно-оксидным расплавом и твердым магнетитом при температуре 1200 °С. Одна из основных реакций, по которой происходит образование SO<sub>2</sub> в сульфидно-оксидных системах:</p> $3\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{FeS} = 10\text{FeO} + \text{SO}_2$ <p>Активность FeS (стандартное состояние чистый жидкий FeS) равна 0,3. Активность FeO (ст. состояние чистый твердый FeO) равна 0,45. Стандартная свободная энергия образования FeS(ж): <math>\Delta G_{\text{FeS}}(\text{ж}) = -134208 + 43 \cdot T</math>, Дж/моль.</p> <p>Рассчитайте активность сульфида меди и сульфида железа в медном штейне, содержащем 20 % (по массе) Cu<sub>2</sub>S и 80 % FeS, принимая, что для данного раствора справедливы законы совершенных растворов.</p> <p>Какое максимальное количество фаз может существовать в равновесии в пятикомпонентной системе. Обязательно поясните ответ.</p>

КМ2	Контрольная работа №2	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;УК-1-31	<p>Как влияет на вязкость шлаков увеличение в них содержания <math>\text{SiO}_2</math>, <math>\text{FeO}</math>, <math>\text{Fe}_3\text{O}_4</math>, <math>\text{MgO}</math>, <math>\text{CaO}</math>?</p> <p>Как упругость диссоциации оксида зависит от его активности в растворе?</p> <p>Какие термодинамические условия являются наиболее благоприятными для рафинирования меди, и как они достигаются на практике?</p> <p>Какие справочные данные необходимы для того, чтобы рассчитать равновесное давление серы в системе, содержащей <math>\text{Cu}</math>, <math>\text{Cu}_2\text{S}</math> при температуре 1000 К?</p> <p>Можно ли очистить металлическую медь от примесей благородных металлов при окислительном рафинировании и почему?</p> <p>Какое максимальное количество фаз может существовать в равновесии в пятикомпонентной системе?</p> <p>Какие физико-химические свойства шлаков важны для металлургических процессов, какими действиями (параметрами) их можно изменять?</p> <p>Что такое лимитирующая стадия физико-химического процесса?</p> <p>Как изменится содержание магнетита в шлаке при увеличении содержания <math>\text{SO}_2</math> в газовой фазе при прочих равных условиях.</p> <p>Нарисуйте принципиальный ход кривой (т.е., на каких участках рост <math>\text{PO}_2</math>, на каких падение, а на каких <math>\text{PO}_2</math> не меняется) изменения равновесного давления кислорода во всем диапазоне составов (от чистого <math>\text{Fe}</math> до <math>\text{O}</math>) системы <math>\text{Fe-O}</math> при 600 °С.</p> <p>Укажите примерные составы наиболее легкоплавких смесей в системах <math>\text{Fe-O}</math>, <math>\text{Fe-S}</math> и <math>\text{FeO-SiO}_2</math>.</p> <p>Какое соотношение <math>\text{CO/CO}_2</math> должно быть в газовой смеси для того, чтобы с ее помощью при температуре 1000 °С можно было бы восстановить <math>\text{Cu}_2\text{O}</math> до металлической меди?</p> <p>Рассчитайте равновесное давление паров цинка над латунию.</p> <p>Состав латуни 65 % (по массе) меди и 35 % цинка. Коэффициент активности цинка 0,6. Температура латуни 1050 °С. Давление пара над чистым цинком при этой температуре составляет 2 атм.</p>
-----	-----------------------	---------------------------	--

КМЗ	Экзамен по курсу	ОПК-1-31;УК-1-31;ОПК-1-У1	<p>От каких параметров зависит скорость осаждения штейновой капли в шлаке? Как изменится величина механических потерь меди со шлаком при увеличении температуры шлака? Поясните, пользуясь уравнением Стокса.</p> <p>Какие металлы технически возможно (легче всего) получить из оксидов вакуумированием? Дайте обоснование ответа.</p> <p>Выведите аналитический вид зависимости состава восстановительной газовой фазы (<math>\text{CO}+\text{CO}_2</math>) от температуры (т.е. изменение содержания <math>\text{CO}</math> в газовой фазе от температуры или отношения <math>\text{CO}/\text{CO}_2</math>), который требуется для восстановления оксида <math>\text{MeO}</math> до <math>\text{Me}</math>, если металл не летучий.</p> <p>Исследуется процесс получения элементарной серы из <math>\text{SO}_2</math> отходящих газов плавильного агрегата путем введения в газодод печи потока природного газа. Введите обозначения, напишите реакцию и запишите систему уравнений, определяющую выход элементарной серы (т.е. доля серы (в %), которая перейдет в результате химической реакции из <math>\text{SO}_2</math> в <math>\text{S}_2</math>).</p> <p>Газовая фаза, состоящая из <math>\text{CO}</math> и <math>\text{CO}_2</math> в первом эксперименте приведена в равновесие с вюститом кислородного края области гомогенности, во втором - с магнетитом железного края области гомогенности. В каком из экспериментов больший процент <math>\text{CO}</math> в равновесной газовой фазе? Почему?</p> <p>Для чего необходим окислительный обжиг сульфидных медных концентратов? Напишите реакцию, определяющую его суть.</p> <p>Объясните с точки зрения механизма взаимодействия кислорода и твердых сульфидных частиц высокую производительность обжига в кипящем слое.</p> <p>Что такое гетерогенизация шлака? К чему приводит гетерогенизация шлака по кремнезему и магнетиту?</p> <p>С точки зрения механизма окисления объясните влияние температуры на производительность окислительного обжига сульфидных медных концентратов.</p> <p>Как влияет содержание цветных металлов в штейне на растворимые потери цветных металлов в шлаке. Нарисовать и описать кривую зависимости содержания растворенной меди в шлаках от состава штейна (<math>\text{C}_{\text{шл}}</math> от <math>\text{C}_{\text{шт}}</math>).</p> <p>Что такое коалесценция капель штейна?</p> <p>Рассчитать равновесное давление кислорода над чистым соединением <math>\text{Cu}_2\text{O}</math>, находящимся в равновесии с чистой медью при температуре <math>1000^\circ\text{C}</math>.</p> <p>Какие термодинамические функции определяют сродство металла к кислороду?</p> <p>Оксид какого края области гомогенности (металлического или кислородного) будет иметь большую величину равновесного <math>\text{PO}_2</math>?</p> <p>Как изменится величина равновесного давления кислорода при увеличении активности оксида в расплаве и почему?</p>
-----	------------------	---------------------------	---

## 5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
Р1	Домашнее задание	ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;УК-1-У1	<p>Варианты домашнего задания</p> <p>Вариант 1. Рассчитать и построить диаграмму состояния системы <math>\text{Pb}-\text{O}</math> в координатах <math>\lg \text{PO}_2 - T</math> в диапазоне от <math>800 - 1700 \text{ K}</math> и <math>10^{-20} - 1 \text{ атм}</math>.</p> <p>Вариант 2. Рассчитать и построить диаграмму состояния системы <math>\text{Fe}-\text{O}</math> в координатах <math>\lg \text{PO}_2 - T</math> в диапазоне от <math>800 - 1750 \text{ K}</math> и <math>10^{-20} - 1 \text{ атм}</math>.</p> <p>Вариант 3. Рассчитать и построить диаграмму состояния системы <math>\text{Mn}-\text{O}</math> в координатах <math>\lg \text{PO}_2 - T</math> в диапазоне от <math>850 - 1800 \text{ K}</math> и <math>10^{-25} - 1 \text{ атм}</math>.</p> <p>Вариант 4. Рассчитать и построить диаграмму состояния системы <math>\text{Cu}-\text{O}</math> в координатах <math>\lg \text{PO}_2 - T</math> в диапазоне от <math>500 - 1500 \text{ K}</math> и <math>10^{-30} - 1 \text{ атм}</math>.</p> <p>Вариант 5. Рассчитать и построить диаграмму состояния системы <math>\text{Ni}-\text{O}</math> в координатах <math>\lg \text{PO}_2 - T</math> в диапазоне от <math>800 - 1700 \text{ K}</math> и <math>10^{-20} - 1 \text{ атм}</math>.</p>

P2	Практическое занятие 1	ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;УК-1-У1	Расчеты свойств идеальных газов и химических равновесий в системе газ- жидкость-твердое
P3	Практическое занятие 2	ОПК-1-31;ОПК-1-В1;УК-1-У1;УК-1-В1	Применение диаграмм состояния для анализа пирометаллургических процессов и систем
P4	Практическое занятие 3	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;УК-1-У1	Термодинамические расчеты процессов диссоциации, окисления и восстановления соединений металлов. Построение потенциальных диаграмм. Термодинамический анализ типичных процессов применительно к пирометаллургии цветных металлов
P5	Практическое занятие 4	УК-1-У1;УК-1-В1;ОПК-1-31	Исследование динамики металлургических процессов в гетерогенных системах
P6	Практическое занятие 5	ОПК-1-31;УК-1-31;УК-1-У1	Влияние физико-химических условий на потери цветных металлов со шлаками
P7	Лабораторная работа 1	ОПК-1-У1;УК-1-У1;ОПК-1-31	Определение основных физических свойств жидкости
P8	Лабораторная работа 2	ОПК-1-У1;УК-1-У1;УК-1-В1	Определение термодинамических величин химической реакции в интервале температур
P9	Лабораторная работа 3	УК-1-В1;УК-1-У1;ОПК-1-У1	Анализ кинетики процесса окисления сульфидов
P10	Лабораторная работа 4	ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;УК-1-У1	Исследование влияния различных факторов на растворимость меди в шлаках

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Примеры экзаменационных билетов

Экзаменационный билет № 1

1. Укажите примерные составы наиболее легкоплавких смесей в системах FeO-SiO<sub>2</sub>, Fe-O, Fe-S и FeO-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>.

Поясните ответ.

2. Опишите принцип построения изотермических разрезов потенциальной диаграммы (определение границ областей устойчивости различных конденсированных фаз) системы Fe-O (в координатах pO<sub>2</sub>-T) в области температур, при которых оксиды железа и металл не образуют растворов. т.е. в системе могут существовать только фаза чистого железа и фазы чистых оксидов – FeO, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Выведите уравнение зависимости равновесного PO<sub>2</sub> от T для двухфазного равновесия FeO-Fe.

3. От каких параметров зависит скорость осаждения штейновой капли в шлаке? Как измениться величина механических потерь меди со шлаком при увеличении температуры шлака, содержания в нем кремнезема, оксидов кальция? Поясните, пользуясь уравнением Стокса.

Экзаменационный билет № 2

1. Дайте определение понятия “поверхностное натяжение жидкости”. Перечислите методики измерения поверхностного натяжения жидкостей при высоких температурах. Дайте краткое описание каждой методики. Опишите возможные проблемы при проведении измерений поверхностного натяжения расплавленных шлаков и штейнов с использованием разных методик.

2. Растворимость кобальта в шлаке, приведенном в контакт с чистым кобальтом, составила 0,6% (ат.) от массы шлака.

Рассчитайте, растворимость кобальта при повышении давления кислорода в 10 раз. Принять, что кобальт растворяется в шлаке только в форме оксида. Коэффициент активности кобальта в шлаке, состав шлака и температура не меняются.

3. Нарисуйте принципиальный ход кривой (т.е., на каких участках рост PO<sub>2</sub>, на каких падение, а на каких PO<sub>2</sub> не меняется) изменения равновесного давления кислорода во всем диапазоне составов (от чистого Fe до O) системы Fe-O при 600 °С.

Экзаменационный билет № 3

1. В закрытую ампулу загрузили тщательно перемешанные сульфид меди и оксид железа, из ампулы полностью откачали воздух и нагрели. Выдержали систему при определенной температуре до наступления равновесия. Сколько фаз (включая газовую) может максимально существовать в системе в равновесии? Дайте обоснование ответа.

2. При измерении плотности жидкости методом максимального давления в пузырьке величину заглужения капилляра увеличили с 2 см до 5 см, при этом столб манометрической жидкости (спирта) в наклонной части манометра увеличился с 10 см до 25 см. Чему равна плотность исследуемой жидкости?

Справочные данные: плотность спирта 0,8 г/см<sup>3</sup>, угол наклона манометра 30°.

3. Процесс окисления сульфида железа (FeS<sub>2</sub>) воздухом исследуется при помощи дифференциально-термического метода. Изобразите общий вид экспериментальной установки, общий вид кинетической кривой и опишите механизм процесса окисления пирита кислородом воздухом.

**5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)**

Для допуска к экзамену студент должен выполнить все лабораторные работы, контрольные работы, домашние задания в соответствии с учебным планом.

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, грамотно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала.

Правильно решил задачи, решение изложено логично, четко и в необходимом объеме. Только численный ответ без изложения решения не принимается как правильное решение задачи.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, четко излагает материал. В решениях задач правильно изложена методика, но допущены небольшие неточности в конечном результате или описании методики решения.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов. Из двух задач как минимум одна решена правильно или с незначительными недочетами.

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы, неверно решены обе задачи из билета.

Оценка «не явка» – обучающийся на экзамен не явился.

**6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ****6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Казачков Е. А.	Расчеты по теории металлургических процессов: Учеб. пособие для студ. металлург. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1988
Л1.2	Ванюков А. В., Зайцев В. Я.	Теория пирометаллургических процессов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1993
Л1.3	Жуховицкий А. А., Шварцман Л. А.	Физическая химия: Учебник для студ. металлург. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1987
Л1.4	Серов Г. В., Крашенинников М. Г., Падерин С. Н., Рыжонков Д. И.	Физико-химические методы исследования металлургических процессов: лаб. практикум	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1978

**6.1.2. Дополнительная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Ванюков А. В., Уткин Н. И.	Комплексная переработка медного и никелевого сырья: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	Челябинск: Металлургия, 1988
Л2.2	Жуховицкий А. А., Шварцман Л. А.	Краткий курс физической химии: учебник для металлург. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1979
Л2.3	Соколов В. А., Асабин А. Н., Соколов В. А.	Основы теории металлургических процессов: учеб. пособие для студ. спец. 150102 - Металлургия цветных металлов	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МГОУ, 2010
Л2.4	Лукашенко Э. Е., Погодаев А. М., Сладкова И. А.	Ч. 1: Пирометаллургия	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1971
Л2.5	Минаев Ю. А.	Физическая химия: Разд.: Химическая термодинамика и теория растворов: учеб. пособие для студ. спец. 0403, 0405К, 0408, 0411, 0604, 0629	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1981

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.6	Сорокин М. Л., Асабин А. Н.	Теория пирометаллургических процессов: лаб. практикум для студ. спец. 11.02	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1994
Л2.7	Михайлов Г. Г., Леонович Б. И., Кузнецов Ю. С.	Термодинамика металлургических процессов и систем: монография	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2009
Л2.8	Апыхтина И. В., Малютина Г. Л., Родин А. О.	Физическая химия: Разд.: Термодинамика: Метод. указания студ. всех спец. для подготовки к рейтинговому тестированию	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2001
Л2.9	Ванюков А. В., Асабин А. Н., Сыромятникова А. С., Ванюков А. В.	Теория пирометаллургических процессов : Лабораторный практикум для студ. спец. 0402, 0402веч., 0403, 0405, 0407	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 1981

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Полнотекстовая электронная библиотека МИСиС	<a href="http://elibrary.misis.ru">http://elibrary.misis.ru</a>
Э2	Полнотекстовая Университетская библиотека онлайн	<a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</a>
Э3	Государственная публичная научно-техническая библиотека	<a href="http://www.gpntb.ru">www.gpntb.ru</a>
Э4	Реферативная база Scopus	<a href="https://www.scopus.com">https://www.scopus.com</a>
Э5	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	<a href="https://www.elibrary.ru">https://www.elibrary.ru</a>

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	ИВТАН ТЕРМО
П.2	Therm_DZ
П.3	Физическая химия
П.4	Microsoft Office
П.5	LMS Canvas
П.6	MS Teams
П.7	Win Pro 10 32-bit/64-bit

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	База данных FactSage <a href="http://www.factsage.com">http://www.factsage.com</a>
И.2	Полнотекстовая электронная библиотека МИСиС <a href="http://elibrary.misis.ru/">http://elibrary.misis.ru/</a>
И.3	Полнотекстовая Университетская библиотека онлайн <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a>

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
К-211	Аудитория для самостоятельной работы и курсового проектирования	10 рабочих мест, персональный ЭВМ, подключенных к корпоративной сети НИТУ «МИСиС», сетевой принтер, столы, стулья
К-233	Лаборатория "Пирометаллургических процессов":	доска маркерная; дистиллятор GFL; печь муфельная - 2 шт.; весы лабораторные - 2 шт.

К-541	Учебная аудитория/Лабораторная:	проектор с экраном, доска маркерная, монитор, системный блок; реактор высокого давления Rollux; печь муфельная ТЕРМИКС; мешалка лабораторная ИКА, комплект учебной мебели
-------	---------------------------------	---

### **8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

1. Лекции и практические занятия проводятся с использованием компьютерной презентационной программы PowerPoint с использованием мультимедийных средств в специализированной аудитории
2. Консультации по курсу проводятся с использованием e-mail, средств аудио- и видеосвязи и при личной явке.
3. Текущий контроль проводится в часы практических и лекционных занятий.